Economic Analysis

Research Paper Series

Demand for Skills in Canada: The Role of Foreign Outsourcing and Information-Communication Technology

by Beiling Yan

No. 035

Statistics Canada Statistique Canada

Canada

106-01834/

Demand for Skills in Canada: The Role of Foreign Outsourcing and Information-Communication Technology

by
Beiling Yan

11F0027MIE No. 035
ISSN: 1703-0404
ISBN: 0-662-41972-3

Micro-economic Analysis Division
18-F, R.-H.-Coats Building
Statistics Canada, Ottawa, K1A 0T6

(613) 951-1234
E-mail: beiling.yan@statcan.ca

October 2005

A version of this article has been accepted for publication in the Canadian Journal of Economics/Revue canadienne d'économique © 2005, The Canadian Economics Association.

The author would like to thank John Baldwin, Richard Brecher, Eshan Choudhri, Zhiqi Chen, John Ries and two anonymous referees for their comments. Special thanks go to Tadeusz Grygier and Larry Schembri for their careful readings and suggestions.

Published by authority of the Minister responsible for Statistics Canada

© Minister of Industry, 2005

All rights reserved. The content of this publication may be reproduced, in whole or in part, and by any means, without further permission from Statistics Canada, subject to the following conditions: that it is done solely for the purposes of private study, research, criticism, review, newspaper summary, and/or for non-commercial purposes; and that Statistics Canada be fully acknowledged as follows: Source (or "Adapted from," if appropriate): Statistics Canada, name of product, catalogue, volume and issue numbers, reference period and page(s). Otherwise, no part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopy, for any purposes, without the prior written permission of Licensing Services, Marketing Division, Statistics Canada, Ottawa, Ontario, Canada K1A 0T6.

Cette publication est disponible en français.

Note of appreciation:
Canada owes the success of its statistical system to a long-standing partnership between Statistics Canada, the citizens of Canada, its businesses, governments and other institutions. Accurate and timely statistical information could not be produced without their continued cooperation and goodwill.

Economic Analysis Research Paper Series

The Economic Analysis Research Paper Series provides for the circulation of research conducted by the staff of National Accounts and Analytical Studies, visiting Fellows and academic associates. The research paper series is meant to stimulate discussion on a range of topics including the impact of the New Economy, productivity issues, firm profitability, technology usage, the effect of financing on firm growth, depreciation functions, the use of satellite accounts, savings rates, leasing, firm dynamics, hedonic estimations, diversification patterns, investment patterns, the differences in the performance of small and large, or domestic and multinational firms, and purchasing power parity estimates. Readers of the series are encouraged to contact the authors with comments, criticisms and suggestions.

The primary distribution medium for the papers is the Internet. These papers can be downloaded from the Internet at www.statcan.ca for free.

All papers in the Economic Analysis Series go through institutional and peer review to ensure that they conform to Statistics Canada's mandate as a government statistical agency and adhere to generally accepted standards of good professional practice.

The papers in the series often include results derived from multivariate analysis or other statistical techniques. It should be recognized that the results of these analyses are subject to uncertainty in the reported estimates.

The level of uncertainty will depend on several factors: the nature of the functional form used in the multivariate analysis; the type of econometric technique employed; the appropriateness of the statistical assumptions embedded in the model or technique; the comprehensiveness of the variables included in the analysis; and the accuracy of the data that are utilized. The peer group review process is meant to ensure that the papers in the series have followed accepted standards to minimize problems in each of these areas.

Publications Review Committee
Analytical Studies Branch, Statistics Canada
18th Floor, R.-H-Coats Building
Ottawa, Ontario, K1A 0T6

Table of contents

Abstract **5**

Executive summary **6**

1. Introduction **7**

2. Empirical framework **8**

3. Data and summary statistics **9**

3.1 Trends in relative wages and relative cost shares *10*
3.2 Measure of ICT capital *12*
3.3 Measures of foreign outsourcing *14*

4. Empirical results **15**

4.1 Panel unit root tests *15*
4.2 Regression results *16*

5. Conclusion **20**

References **21**

Abstract

This study examines the impact of information and communication technologies (ICT) and of foreign outsourcing on the demand for skilled workers. One of the defining features of the Canadian economy in the last two decades has been an increasing wage gap between more- and less-skilled workers. Over the same period, there have been dramatic increases in expenditures on information and communication technologies and in purchases of foreign intermediate inputs. Using data for 84 Canadian manufacturing industries over the 1981-1996 period, we find that both ICT and foreign outsourcing are important contributors to the demand for skills.

Keywords: communication and information technology, foreign outsourcing, skill upgrading

JEL code: F16 O33

Executive summary

One of the defining features of the Canadian economy in the last few decades has been an increasing wage gap between more-skilled and less-skilled workers. Over the same period, there have been dramatic increases in expenditures on information and communication technologies (ICT) and in purchases of foreign intermediate inputs. This raises an obvious and important question: what is the role of ICT and foreign outsourcing in the increased demand for skilled workers?

A number of studies indicate that skill-biased technological change is related to the increased use of skilled workers. As an economy moves towards knowledge-based information-communication technology industries, the role played by ICT on the labour market is worth examining.

Foreign outsourcing might be as important as technology in explaining the shift towards the use of skilled workers. With the reduction of trade barriers and the increasing integration of world markets, firms may switch from domestic low-skill intensive producers to foreign suppliers, or move their low-skill-intensive production process to low-wage countries and import back the processed products. Foreign outsourcing, defined here as the purchase of imported foreign intermediate inputs, may therefore lead to a fall in the demand for unskilled labour at home and increase the relative demand for skilled labour.

Using data of 84 Canadian manufacturing industries over the 1981-1996 period, we examine the impact of ICT and foreign outsourcing on the relative demand for skilled workers. We find that both ICT and foreign outsourcing significantly increase the use of more-skilled non-production workers for the manufacturing sector as a whole.

Their relative importance is, however, sensitive to the exact measure of labour demand. When the demand for skills is measured as the wage bill share of non-production skilled workers, ICT is estimated to have a slightly higher impact on skill demand than foreign outsourcing, with the former increasing the wage bill share by 0.14 to 0.17 percentage points annually while the latter by 0.12 percentage points annually. By way of contrast, using employment share of non-production skilled workers to measure the demand for skills leads to smaller impact of ICT, and a larger role for foreign outsourcing. In this case, ICT leads to a rise in the employment share of non-production workers by 0.05 to 0.08 percentage points annually, compared to the impact of foreign outsourcing at 0.10 percentage points annually.

Despite the sensitivity in comparing the relative contribution, our results indicate that both foreign outsourcing and information-communication technologies played an important role in increasing the demand for skills, whether the demand for skills is measured as wage-bill share or employment share of non-production workers.

1. Introduction

Since the 1980s, there has been an increase in the demand for skilled labour and a rise in the wage gap between skilled and unskilled labour in most industrialized countries.[1] This has generated considerable debate on the causes of this phenomenon, especially on the roles of trade and technology.

Several decomposition analyses (Berman *et al.*, 1994 and Berman *et al.*, 1998) find that the vast majority of the shift towards skilled labour is due to increased use of skilled workers within industries, and that the within-industry skill upgrading is, in turn, highly correlated with investments in research and development (R&D) and in computers. It is therefore argued that skill-biased technological change rather than trade is the major cause of the increased relative demand for skilled labour.

However, trade might be as important as technology in explaining the within-industry skill upgrading. An industry, even at the lowest level of aggregation, is composed of plants engaging in activities with a varying degree of skill-intensity. With the reduction of trade barriers and the increasing integration of world markets, firms may switch from domestic low-skill intensive producers to foreign suppliers, or move their low-skill-intensive production process to low-wage countries and import back the processed products. Foreign outsourcing, defined here as the purchase of imported foreign intermediate inputs, may therefore lead to a fall in the demand for unskilled labour at home and increase the relative demand for skilled labour.[2]

Using data of 84 Canadian manufacturing industries over the 1981-1996 period, we examine the impact of trade (in the form of foreign outsourcing) and high technology (in the form of information and communication technologies) on the relative demand for skilled workers. So far, very little work has been done in Canada on the issue of the impact of trade on skill demand. One study by Baldwin and Rafiquzzaman (1999) has used net export intensity to measure trade's impact on wages. They find that net export intensity contributed to the growing skilled-unskilled wage gap in Canada during the 1980s. This paper will be the first attempt in Canada to examine the impact of trade, in the form of foreign outsourcing, on the relative demand for skilled labour.

As an economy moves towards knowledge-based information-communication technology industries, the role played by ICT has become the subject of recent studies.[3] Baldwin and Rafiquzzaman (1999) use the 1989 Survey of Manufacturing Technology, which contains information on the use by manufacturing establishments of 22 advanced technologies, while Gera *et al.* (2001) use the stock of patents and the age of capital stock as indicators of new technologies in Canadian manufacturing industries. This paper complements these studies by examining the impact of information and communication technologies on the demand for skills.

---

1. Katz and Murphy (1992), Bound and Johnson (1992), Katz and Autor (1999) for the United States; Berman *et al.* (1998) for other OECD countries.
2. This point has been examined in Feenstra and Hanson (1996, 1999). They find that foreign outsourcing, as well as computer and other high technology, is important in explaining the skill upgrading in the U.S. manufacturing sector in the 1980s.
3. See the Economy in Transition series published by Statistics Canada.

2. *Empirical framework*

The empirical methodology is based on short-run variable cost function: $C=C(W_s, W_n, Q, K_{ICT}, K_{NICT}, T)$, where W_s and W_n are wages for variable inputs of skilled and non-skilled workers; Q is real value-added output; K_{ICT} and K_{NICT} stand for the quasi-fixed ICT and non-ICT capital stock; and T is a time trend. Value-added output Q is the difference between real gross output Y and intermediate inputs of energy (E), services (S) and material (M). Moreover, total material input (M) is the sum of domestic-produced material (M_d) and foreign-imported material (M_f). The resulting cost function is $C=C(W_s, W_n, Y, E, S, M_d, M_f, K_{ICT}, K_{NICT}, T)$.

The cost function in a translog form (Christensen *et al.*, 1973) can be written as:

$$
\begin{aligned}
&\ln C = \alpha_0 + \sum_l \alpha_l \ln W_l + \alpha_y \ln Y + \alpha_e \ln E + \alpha_s \ln S + \alpha_d \ln M_d + \alpha_f \ln M_f + \sum_m \alpha_m \ln K_m + \alpha_t T \\
&+ 0.5[\sum_l \sum_j \alpha_{lj} \ln W_l \ln W_j + \alpha_{yy} \ln Y \ln Y + \alpha_{ee} \ln E \ln E + \alpha_{ss} \ln S \ln S + \alpha_{dd} \ln M_d \ln M_d + \alpha_{ff} \ln M_f \ln M_f + \\
&\sum_m \sum_n \alpha_{mn} \ln K_m \ln K_n + \alpha_{tt} TT] \\
&+ \sum_l \alpha_{ly} \ln W_l \ln Y + \sum_l \alpha_{le} \ln W_l \ln E + \sum_l \alpha_{ls} \ln W_l \ln S + \sum_l \alpha_{ld} \ln W_l \ln M_d + \sum_l \alpha_{lf} \ln W_l \ln M_f + \sum_l \sum_m \\
&\alpha_{lm} \ln W_l \ln K_m + \sum_l \alpha_{lt} \ln W_l T \\
&+ \alpha_{ye} \ln Y \ln E + \alpha_{ys} \ln Y \ln S + \alpha_{yd} \ln Y \ln M_d + \alpha_{yf} \ln Y \ln M_f + \sum_m \alpha_{ym} \ln Y \ln K_m + \alpha_{yt} \ln Y T \\
&+ \alpha_{es} \ln E \ln S + \alpha_{ed} \ln E \ln M_d + \alpha_{ef} \ln E \ln M_f + \sum_m \alpha_{em} \ln E \ln K_m + \alpha_{et} \ln E T \\
&+ \alpha_{sd} \ln S \ln M_d + \alpha_{sf} \ln S \ln M_f + \sum_m \alpha_{sm} \ln S \ln K_m + \alpha_{st} \ln S T \\
&+ \alpha_{df} \ln M_d \ln M_f + \sum_m \alpha_{dm} \ln M_d \ln K_m + \alpha_{dt} \ln M_d T \\
&+ \sum_m \alpha_{fm} \ln M_f \ln K_m + \alpha_{ft} \ln M_f T + \sum_m \alpha_{mt} \ln K_m T
\end{aligned} \tag{1}
$$

where l and j are indices for skilled and non-skilled workers, and m and n are indices for ICT and non-ICT capital stock.

Assume firms choose variable inputs of skilled and non-skilled workers to minimize costs. By Shephard's Lemma, the wage bill share for labour l is,

$$
\begin{aligned}
&S_l = \partial \ln C / \partial \ln W_l \\
&= \alpha_l + \sum_j \alpha_{lj} \ln W_j + \alpha_{ly} \ln Y + \alpha_{le} \ln E + \alpha_{ls} \ln S + \alpha_{ld} \ln M_d + \alpha_{lf} \ln M_f + \sum_m \alpha_{lm} \ln K_m + \alpha_{lt} T
\end{aligned} \tag{2}
$$

The parameters in the above equations must satisfy the following restrictions due to the symmetry and homogeneous conditions:

$$
\begin{aligned}
&\alpha_{lj} = \alpha_{jl}, \alpha_{lm} = \alpha_{ml} \text{ for all } l, j \text{ and } m \\
&\sum_l \alpha_l = 1, \sum_l \alpha_{lj} = 0, \sum_l \alpha_{ly} = 0, \sum_l \alpha_{le} = 0, \sum_l \alpha_{ls} = 0, \sum_l \alpha_{ld} = 0, \sum_l \alpha_{lf} = 0, \sum_l \alpha_{lm} = 0, \sum_l \alpha_{lt} = 0
\end{aligned}
$$

These restrictions mean that we could drop one cost share equation in our estimation. Suppose we drop the cost share for non-skilled workers. Given other parameter restrictions, the wage bill share for skilled workers for industry i in year t could be rewritten as:

$$
\begin{aligned}
&S_{it} = \alpha_i + \gamma T + \beta_1 \ln Y_{it} + \beta_2 \ln E_{it} + \beta_3 \ln S_{it} + \beta_4 \ln M_{d,it} + \beta_5 \ln M_{f,it} + \beta_6 \ln K_{ICT,it} + \beta_7 \ln K_{NICT,it} \\
&+ \beta_8 \ln(W_{s,it}/W_{n,it}) + \varepsilon_{it}
\end{aligned} \tag{3}
$$

where ε_{it} is the error term and α_i is industry fixed effect. The time trend T controls for the common shift in skill demand across industries.

The coefficient of $lnK_{ICT,it}$ indicates whether the skilled worker is a complement ($\beta_6 > 0$) or a substitute ($\beta_6 < 0$) to ICT capital stock. A positive coefficient means that ICT capital is relatively skill-using, while a negative coefficient means that ICT capital is relatively skill-saving. An insignificant β_6 implies skill-neutral. Similar interpretation applies to the coefficient on non-ICT capital stock (β_7).

The impact of foreign outsourcing on the demand for skilled labour is captured in the parameter β_5. A positive β_5 indicates that foreign outsourcing increases the use of skilled labour; while a negative β_5 indicates the opposite.

An increase in the wage bill share of skilled workers indicates an increase in the relative demand for such workers. An alternative measure to capture the compositional shift in the labour force is the employment share of skilled workers. The wage bill share is, in some instances, a better measurement than the employment share, since the change in quantities demanded is attenuated to some degree by the relative wage changes.[4] To make sure that the results are not sensitive to measurement, we also report regression results using employment share as the dependent variable.

Berman *et al.* (1994) argue that the relative wages are unlikely to be exogenous, since they may reflect both the mix of different quality of labour and the skill-upgrading effect. The common practice in the literature is therefore to exclude the relative wages of skilled to unskilled workers from equation (3). We adopt this approach as our base case. We also experiment with an alternative specification by using the lagged wages in the regression.

3. *Data and summary statistics*

The data used in the study are drawn from three sources: the KLEMS (Capital, Labour, Energy, Material and Services) Productivity dataset; the Annual Survey of Manufactures (ASM); and the Input-Output tables from Statistics Canada. The annual data from the three sources are all matched to the 1980 SIC P-level of aggregation, covering 84 manufacturing industries from 1981 to 1996.[5] Data on (Y, E, S, M_d, M_f, K_{ICT}, K_{NICT}) are all measured in 1992 constant dollars.

4. As Berman et al. (1994) point out, the wage share measure is a better measure, as long as the elasticity of substitution between production and non-production workers is above one.
5. The KLEMS database contains data from 1981-1996 on SIC-based industry, and data from 1992-2002 on NAICS-based industry. We choose data on 1981-1996, since this is the period when the wage gap between skilled and non-skilled workers increased the most.

3.1 Trends in relative wages and relative cost shares

Information on the prices and quantities of output, capital and labour are obtained from the KLEMS dataset. However, the KLEMS dataset has no detailed information on the labour by skill level. The ASM has such information. It includes the number and compensation for non-production and production workers. From the ASM, we derive the employment and compensation shares for production and non-production workers, and apply them to the total employment and total labour compensation in the KLEMS dataset.

We use non-production and production workers as proxy for more-skilled and less-skilled workers respectively.[6] Dividing total labour compensation by total employment, we get average wages for non-production and production workers. Figure 1 and Table 1 show that the wage ratios of non-production to production workers have been steadily increasing since 1981, at an average of 0.98 percentage points per year. However, the shares of non-production workers in the total wage bill and total employment have seen only a very slight decline over the time period (Figure 2 and Table 1). There is little substitution away from non-production workers despite their increasing relative cost. From the observed trend in the relative quantities and relative prices between non-production and production workers, we infer that for the manufacturing sector as a whole, there is an increase in the demand for skilled workers.

At the aggregate level, the increased demand for skilled workers may be less evident in Canada than in the United States where the employment share of non-production workers increased at an annual average rate of 0.56 percentage points during the 1979-1987 period (Berman et *al.*, 1994). This compares to the relatively stable trend of employment share for non-production workers in the Canadian manufacturing sector.[7] The overall aggregate trend in Canada, however, masks wide variation across industries. Table 1 indicates that the standard deviations on average annual share changes are quite large, at 0.33 and 0.31 for the wage bill share and employment share of non-production workers respectively. Skill intensity has seen the most notable rise in the electrical and electronic products industry and a sharp decline in the chemical products and food industries. This cross-industry variation allows us to pool data across time and sectors to examine whether the differences in the demand for skills across industries are systematically related to the differences in the extent of ICT usage and foreign outsourcing.

---

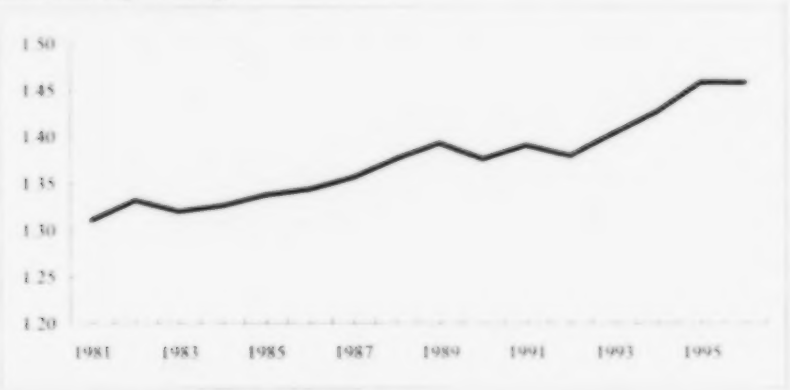
6. Production workers include all non-supervisory workers engaged in processing, assembling, inspecting, storing, handling and packing, and workers engaged in maintenance, repair, janitorial and watchman services. All others are non-production workers that are engaged in executive, administrative, and sales activities (Statistics Canada 1990). This broad classification of production and non-production workers has its limitations due to the heterogeneous nature of workers skills within each category (Leamer, 1994). However, Berman *et al.* (1994) show that the production/non-production workers distinction closely mirrors the distinction between the blue and white collar occupational categories, and the blue-collar/white-collar classification, in turn, closely reflects an educational classification of high school/college.
7. Evidence from several other micro-level special surveys also shows little increase in the employment share of skilled workers (Gera *et al.*, 2001) at the aggregate level, where skill classification is based on the National Occupational Classification.

Table 1. Manufacturing-wide averages, 1981-1996

Year	Wage ratio of non-production to production workers	Wage bill share of non-production workers	Employment share of non-production workers	Log of implicit ICT price index	Log of implicit non-ICT price index	Share of ICT investment in total investment	Share of ICT capital stock in total capital stock	Share of imported intermediate inputs	Log of real gross output	Log of energy	Log of services	Log of imported material	Log of domestic material	Log of ICT capital stock	Log of non-ICT capital stock
1981	1.31	0.32	0.27	1.03	-0.31	0.015	0.008	0.304	14.45	10.50	12.06	12.38	13.27	7.39	12.67
1982	1.33	0.33	0.28	1.05	-0.23	0.022	0.009	0.296	14.32	10.43	11.98	12.19	13.14	7.53	12.65
1983	1.32	0.32	0.27	0.83	-0.20	0.034	0.012	0.297	14.35	10.42	12.00	12.23	13.16	7.71	12.59
1984	1.33	0.32	0.26	0.75	-0.16	0.034	0.014	0.316	14.45	10.46	12.07	12.40	13.24	7.92	12.57
1985	1.34	0.32	0.27	0.67	-0.11	0.034	0.016	0.319	14.50	10.46	12.13	12.47	13.29	8.07	12.58
1986	1.34	0.32	0.27	0.55	-0.09	0.039	0.018	0.342	14.53	10.49	12.19	12.60	13.31	8.27	12.61
1987	1.36	0.32	0.26	0.43	-0.07	0.045	0.022	0.329	14.58	10.49	12.21	12.62	13.39	8.54	12.64
1988	1.38	0.32	0.26	0.36	-0.07	0.048	0.024	0.337	14.62	10.57	12.21	12.70	13.43	8.69	12.68
1989	1.39	0.32	0.26	0.27	-0.04	0.048	0.026	0.342	14.64	10.60	12.19	12.75	13.46	8.82	12.71
1990	1.38	0.33	0.26	0.18	-0.02	0.059	0.028	0.366	14.57	10.54	12.11	12.76	13.35	8.93	12.72
1991	1.39	0.33	0.27	0.08	-0.03	0.069	0.032	0.390	14.49	10.53	12.02	12.74	13.22	9.01	12.70
1992	1.38	0.32	0.26	0.00	0.00	0.090	0.036	0.417	14.49	10.53	12.02	12.80	13.16	9.10	12.65
1993	1.40	0.32	0.26	-0.06	0.04	0.101	0.042	0.447	14.52	10.53	12.03	12.90	13.10	9.23	12.62
1994	1.43	0.32	0.25	-0.11	0.10	0.102	0.046	0.462	14.60	10.54	12.14	12.99	13.14	9.36	12.66
1995	1.46	0.31	0.25	-0.18	0.14	0.121	0.052	0.467	14.64	10.55	12.19	13.04	13.17	9.51	12.69
1996	1.46	0.31	0.24	-0.29	0.14	0.127	0.058	0.469	14.68	10.56	12.32	13.08	13.22	9.66	12.72
Annualized changes in percent (1981-1996)															
Mean	0.98	-0.04	-0.16	-8.84	2.99	0.75	0.34	1.10	1.47	0.39	1.73	4.65	-0.38	15.11	0.32
	(1.14)	(0.33)	(0.31)	(3.56)	(0.37)	(0.59)	(0.26)	(0.48)	(3.44)	(3.03)	(2.59)	(3.74)	(3.19)	(6.09)	(3.37)

Note: Annualized change is calculated as the difference between the first and the last year divided by the number of years. Standard deviation in parentheses.
Source: KLEMS, ASM and Input-Output tables, Statistics Canada.

Figure 1. Ratio of non-production workers wage to production workers wage—Canadian manufacturing average



Source: KLEMS and ASM, Statistics Canada.

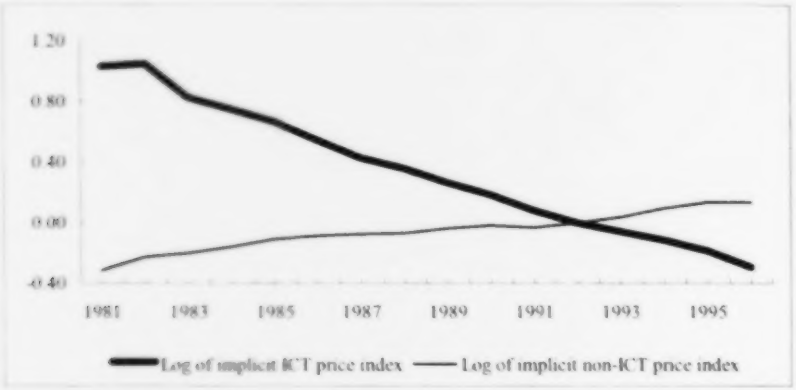
Figure 2. Wage and employment shares of non-production workers—Canadian manufacturing average

Source: KLEMS and ASM, Statistics Canada.

3.2 Measure of ICT capital

The productivity program at Statistics Canada estimates 22 non-residential asset capital stocks, using the real investment data and the perpetual inventory method. To deal with the problems of quality improvements of successive generations of ICT assets, the real investment for these assets is obtained by deflating the nominal value with the "constant-quality price indices". The "constant-quality price indices" are estimated using hedonic techniques to correct for quality changes. They measure the price of a common set of characteristics over time, and treat the quality gains as a reduction in the price of ICT assets.

Figure 3. Prices of ICT and non-ECT investment—Canadian manufacturing average (in log, 1992=1)



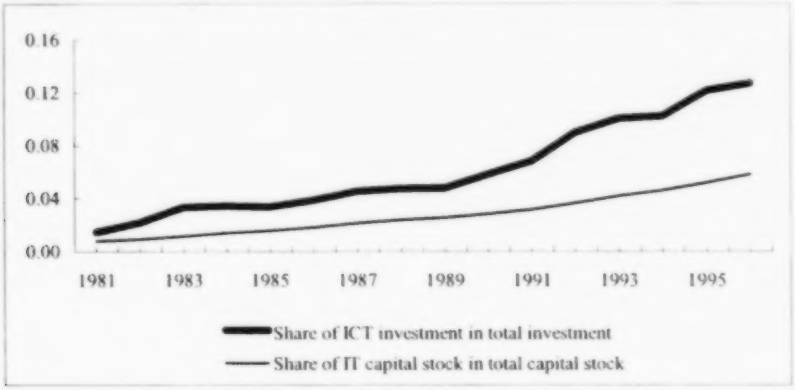
Source: KLEMS and ASM, Statistics Canada.

Among the 22 non-residential assets, we define 5 assets as ICT investment goods: computers and office equipment, communication equipment, software-own account, software-pre-packaged, and software-custom design. The remaining 18 assets are classified as non-ICT assets. The different types of assets are aggregated by a chain-weighted Fisher index.

Figure 3 and Table 1 highlight the considerable decline in the quality-adjusted price of ICT assets. From 1981 to 1996, the price of ICT assets fell at an average of 8.84 percent per year. This compares to the implicit price index of non-ICT assets, which rose at an average of 2.99 percent per year. The decline in the relative price of ICT assets reflects the higher technological progress in the production of ICT assets than in the production of non-ICT assets.

Figure 4 and Table 1 show that the contribution of ICT investment in total investment has been rising fairly steadily over time, from an average share of 1.5 percent in 1981 to 12.7 percent in 1996. The relatively faster ICT investment directly determines the growth of the capital stock and leads to an increase in the share of ICT assets in total capital stock. The share of ICT capital stock increased at an average of 0.34 percentage points per year.

Figure 4. Share of ICT investment and capital stock—Canadian manufacturing average (valued at constant price, 1992=1)



Source: KLEMS and ASM, Statistics Canada.

3.3 Measures of foreign outsourcing

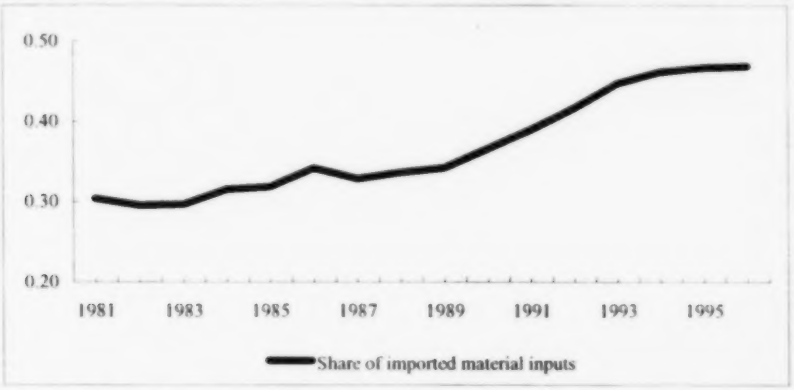
The measurement of foreign outsourcing follows Feenstra and Hanson (1996). Foreign outsourcing is defined as imported intermediate material. It is constructed using Canadian input-output tables. These tables show the intermediate goods purchased by each three- or four-digit manufacturing industry from every other manufacturing industry. Multiplying the value of input purchases from each supplier industry by the import propensity of each supplier industry, and summing overall supplier industries, we derive the total imported intermediate material $M_{f,it}$ for each purchase industry i at time t. That is

$$M_{f,it} = (\sum_k V_{k,it} R_{k,t})$$

where V_{kit} is the value of the intermediate material purchased by industry i from supplier industry k, and $R_{k,t}$ is the import propensity for supplier industry k at time t. The import propensity for each supplier industry is calculated as the ratio of imports to total consumption (total output + imports – exports). Domestic material ($M_{d,it}$) is then simply the difference between total material used and imported material ($M_{f,it}$).

Figure 5 and Table 1 depict the dramatic expansion of foreign outsourcing for Canadian manufacturing industries over 1981-1996. The imported intermediate inputs increased from an average of 30.4 percent of total material purchases in 1981 to 46.9 percent in 1996. It was especially prominent during the 1990s, expanding by 1.8 percentage points per year as compared to 0.5 percentage points per year in the 1980s.

Figure 5. Share of imported intermediate material—Canadian manufacturing average



Source: Input-Output tables, Statistics Canada.

4. *Empirical results*

4.1 Panel unit root tests

Equation (3) is estimated using pooled time-series data consisting for 84 manufacturing industries over the 1981-1996 period. Pooling cross-sectional data over time, however, may introduce non-constant variance to the error terms due to non-stationarity of the data.

Prior to estimation, we therefore check for stationarity of individual variables and, if needed, the regression residuals, using the panel unit root test method proposed by Im, Pesaran and Shin (2003). The method begins with estimating a Dickey-Fuller regression for each industry. For example, for variable X, the Dickey-Fuller regression involves the following equation:

$$dX_t = c + \rho X_{t-1} \tag{4}$$

where $dX_t = X_t - X_{t-1}$ and c is a constant. Equation (4) is run both with and without trend. The panel unit root test is then conducted by obtaining an average t-statistics for coefficient ρ across industries and by testing for a system-wide unit root by comparing the average t-statistics with the critical values that are tabulated in Im, Pesaran and Shin (2003).

Following this method, we calculate in Table 2 the average t-statistics for each independent variable and the residuals from equation (3). The null of a unit root cannot be rejected for some variables, but is rejected for the residuals from equation (3). The rejection of the unit root null for the residuals implies that the regression is co-integrated and the standard statistical inference applies.

Table 2. Panel unit root test

Variable	Average t-statistics	
	With trend	Without trend
Wage bill share of non-production workers (S_{it})	-2.38 *	-1.97 *
Log of real gross output (lnY_{it})	-2.26	-1.64
Log of energy input (lnE_{it})	-2.38 *	-1.71 *
Log of services input (lnS_{it})	-1.77	-1.38
Log of imported material input ($lnM_{f,it}$)	-2.46 *	-1.21
Log of domestic material input ($lnM_{d,it}$)	-2.26	-1.66
Log of ICT capital stock ($lnK_{ICT,it}$)	-1.98	-1.14
Log of non-ICT capital stock ($lnK_{ICT,it}$)	-1.46	-1.06
Residuals from cointegrating regression equation (3)	-2.55 *	-2.03 *

Note: Test-statistics are calculated as the average *t*-statistics of Dickey-Fuller regressions with and without time trend. * indicates that the statistic is significant at 5% level. The *t*-critical values for 5% significance level are -2.31 and -1.67 for with and without trend respectively, as tabulated in Im, Pesaran and Shin (2003).

Source: KLEMS, ASM and Input-Output tables, Statistics Canada.

4.2 Regression results

The estimation results for the industry fixed effects model of equation (3) are presented in Table 3. All regressions are weighted OLS, where the weight is the industry share of manufacturing employment. We report results both with time trend and with year dummies.

Specification (1), based on equation (3), is our base case. The coefficient on imported material inputs is positive and significant. It shows that a 1 percent increase in the use of imported foreign material leads to an average of 0.026 percentage points increase in the wage share of non-production workers. This lends support to our hypothesis that firms switching from domestic low-skill intensive producers to foreign suppliers reduces the demand for unskilled labour at home and increases the relative demand for skilled workers. The coefficient on the domestic intermediate material is statistically insignificant.

The estimated coefficient of the ICT capital stock also has a significant and positive sign. A one percent increase in ICT capital stock, on average, increases the wage share of non-production workers by about 0.011 percentage points. This suggests that skilled workers are complementary to ICT capital: the adoption of ICT increases the demand and use of more skilled workers relative to less skilled workers. The coefficient on the non-ICT capital stock is not statistically significant.

The next three columns (*Columns (2)* to *(4)*) report results using alternative specifications. *Column (2)* includes the lagged relative wages of non-production to production workers as an additional independent variable; *Columns (3)* and *(4)* use the employment share of non-production workers, instead of wage bill share, as the dependent variable. The results are qualitatively similar to the base case: the coefficients on the ICT capital stock and foreign outsourcing remain significant and positive.[8]

8. To examine if our results are sensitive to the possible endogeneity problem of the independent variables, we run equation (3), using lagged values of all independent variables as regressors. The results are qualitatively similar to those reported in Table 3.

To evaluate the relative importance of ICT and foreign outsourcing, we report in Table 4 the average annual contribution of each covariate. The contribution is calculated as the product of the estimated coefficients in Table 3 and the average annual percentage changes reported in Table 1. For example, when the coefficients are estimated under specification (1) with time trend, the contributions from foreign outsourcing is calculated to be 0.121 (Table 4), the product of the estimated coefficient of 0.026 (Table 3) and the average annual percentage increase of 4.65 (Table 1).

Table 4 shows that foreign outsourcing increases the demand for skilled workers by 0.12 percentage points annually when the wage-bill share of non-production workers is used as a measure of skill demand, and by 0.10 percentage points annually when employment share is used. The contribution from ICT is sensitive to the empirical specification used: when wage-bill share is used to measure skill demand, the average annual contribution from ICT is estimated to be between 0.14 and 0.17 percentage points, but dropped to between 0.05 and 0.08 percentage points when employment share is used. As a result, the relative importance of foreign outsourcing and ICT to the demand for skills depends on how we measure skill demand. Using wage bill share as a measure for the demand for skills leads to a slightly higher impact of ICT than foreign outsourcing, while using employment share leads to smaller impact of ICT.

Table 3. Regression results based on 84 Canadian manufacturing industries 1981-1996: industry fixed effect model

	Regression: dependent variable							
	Column (1) Wage bill share of non-production workers		*Column (2)* Wage bill share of non-production workers		*Column (3)* Employment share of non-production workers		*Column (4)* Employment share of non-production workers	
	with time trend	with year dummies	with time trend	with year dummies	with time trend	with year dummies	with time trend	with year dummies
Log of imported material input (lnM_I)	0.026	0.025	0.027	0.026	0.022	0.022	0.021	0.021
	(4.16) *	(3.82) *	(4.35) *	(4.00) *	(4.03) *	(3.86) *	(3.93) *	(3.77) *
Log of ICT capital stock (lnK_{ICT})	0.011	0.011	0.009	0.009	0.004	0.003	0.005	0.004
	(5.04) *	(5.05) *	(4.07) *	(3.88) *	(1.99) *	(1.35)	(2.70) *	(2.19) *
Log of real gross output (lnY)	-0.027	-0.023	-0.029	-0.025	-0.03	-0.026	-0.028	-0.025
	(-3.41) *	(-2.88) *	(-3.66) *	(-3.15) *	(-4.16) *	(-3.70) *	(-4.00) *	(-3.52) *
Log of intermediate energy input (lnE)	0.006	0.004	0.006	0.005	0.007	0.005	0.006	0.005
	(1.19)	(0.9)	(1.33)	(1.02)	(1.57)	(1.27)	(1.48)	(1.19)
Log of services input (lnS)	-0.026	-0.012	-0.028	-0.013	-0.026	-0.012	-0.024	-0.011
	(-4.74) *	(-1.86)	(-5.13) *	(-2.13) *	(-5.22) *	(-2.22) *	(-4.96) *	(-2.02) *
Log of domestic material input (lnM_d)	0.003	-0.007	0.004	-0.006	0.006	-0.005	0.005	-0.005
	(0.58)	(-1.21)	(0.79)	(-1.16)	(1.38)	(-0.98)	(1.22)	(-1.04)
Log of non-ICT capital stock (lnK_{NICT})	-0.002	-0.007	0.001	-0.003	0.008	0.007	0.006	0.004
	(-0.55)	(-1.65)	(0.27)	(-0.64)	(2.27) *	(1.82)	(1.61)	(1.01)
Year	-0.002		-0.003		-0.003		-0.002	
	(-5.99) *		(-6.36) *		(-7.05) *		(-6.83) *	
Lag (log of relative wages) $ln(W_r/W_n)$			0.06	0.059			-0.042	-0.042
			(4.91) *	(4.79) *			(-3.89) *	(-3.82) *
Constant	5.356	0.482	5.587	0.46	5.436	0.374	5.274	0.39
	(6.65) *	(7.00) *	(6.99) *	(6.73) *	(7.64) *	(6.18) *	(7.44) *	(6.46) *
Observations	1259	1259	1259	1259	1259	1259	1259	1259
R-squared	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
Within R-squared	0.03	0.06	0.08	0.1	0.14	0.16	0.14	0.16

Note: t-statistics in parentheses; * significant at 5% level or better. All regressions are weighted OLS, where the weight is the industry share of manu-facturing employment. All specifications include industry dummies. Observations for year 1981 are deleted due to the lagged variables on relative wages.

Source: KLEMS, ASM and Input-Output tables, Statistics Canada.

Table 4. Average annual contribution to the demand of non-production workers relative to production workers

In percentage points	Regression: dependent variable							
	Column (1) Wage bill share of non-production workers		*Column (2)* Wage bill share of non-production workers		*Column (3)* Employment share of non-production workers		*Column (4)* Employment share of non-production workers	
	with time trend	with year dummies	with time trend	with year dummies	with time trend	with year dummies	with time trend	with year dummies
Log of imported material input (lnM_I)	0.121	0.116	0.126	0.121	0.102	0.102	0.098	0.098
Log of ICT capital stock (lnK_{ICT})	0.166	0.166	0.136	0.136	0.060	0.045	0.076	0.060
Log of real gross output (lnY)	-0.040	-0.034	-0.043	-0.037	-0.044	-0.038	-0.041	-0.037
Log of intermediate energy input (lnE)	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002
Log of services input (lnS)	-0.045	-0.021	-0.049	-0.023	-0.045	-0.021	-0.042	-0.019
Log of domestic material input (lnM_d)	-0.001	0.003	-0.002	0.002	-0.002	0.002	-0.002	0.002
Log of non-ICT capital stock (lnK_{NICT})	-0.001	-0.002	0.000	-0.001	0.003	0.002	0.002	0.001

Note: The contribution is calculated as the product of the estimated coefficients in Table 3 and the average annual percentage changes reported in Table 1.

Source: KLEMS, ASM and Input-Output tables, Statistics Canada.

This corroborates the findings for the United States. Feenstra and Hanson (1999) find that both foreign outsourcing and computer technology are important in explaining the shift towards more skilled non-production workers in the U.S. manufacturing sector. They also find that the relative contributions between outsourcing and high technology are very sensitive to the exact measure of technology: total foreign outsourcing leads to an annual average of 0.05-0.09 percentage point increase of non-production workers wage share, while computer and other high technology leads to 0.03-0.15 percentage point increase, depending on the measure of technology. Our results suggest that the relative contribution not only depends on the exact measure of technology, as in the U.S. case, but also on how we measure skill demand.

Despite the sensitivity in comparing the relative contribution, we conclude that both foreign outsourcing and ICT are important contributors to the relative demand for skilled workers, whether the demand for skills is measured as wage bill share or employment share of non-production workers.

5. Conclusion

There have been very few studies in Canada that examine the impact of information and communication technologies (ICT) and of foreign outsourcing on the demand for skills. Using 84 Canadian manufacturing industries over the 1981-1996 period, we find that both ICT and foreign outsourcing have significant impact on the use of more-skilled workers for the manufacturing sector as a whole.

Their relative importance is, however, sensitive to the exact measure of labour demand. When the demand for skills is measured as the wage bill share of non-production workers, ICT is estimated to have a slightly higher impact on skill demand than foreign outsourcing, with the former increasing the wage bill share by 0.14 to 0.17 percentage points annually while the latter by 0.12 percentage points annually. By way of contrast, using the employment share of non-production workers to measure the demand for skills leads to a smaller impact of ICT, and a larger role for foreign outsourcing. In this case, ICT leads to a rise in the employment share of non-production workers by 0.05 to 0.08 percentage points annually, compared to the impact of foreign outsourcing by 0.10 percentage points annually.

Despite the sensitivity in comparing the relative contribution, our results indicate that both foreign outsourcing and information-communication technologies played an important role in increasing the demand for skills, whether the demand for skills is measured as wage-bill share or employment share of non-production workers.

References

Baldwin, J.R. and M. Rafiquzzaman. 1999. "Trade, technology, and wage differentials in the Canadian manufacturing sector." In *Innovation, Industry Evolution, and Employment*, David B. Audretsch and A. Roy Thurik (eds). Cambridge: Cambridge University Press. 57-85.

Berman, E., J. Bound and Z. Griliches. 1994. "Changes in the demand for skilled labour within U.S. manufacturing industries: evidence from the Annual Survey of Manufactures." *The Quarterly Journal of Economics*. 109, 2: 367-397.

Berman, E., J. Bound and S. Machin. 1998. "Implications of skill-biased technological change: international evidence." *The Quarterly Journal of Economics*. 113, 4: 1245-1279.

Bound, J. and G. Johnson. 1992. "Changes in the structure of wages during the 1980s: an evaluation of alternative explanation." *American Economic Review*. 82, 3: 371-392.

Christensen, L.R., D.W. Jorgenson and L.J. Lau. 1973. "Transcendental logarithmic production frontiers." *Review of Economics and Statistics*. 55, 1: 28-45.

Feenstra, R.C. and G.H. Hanson. 1996. "Globalization, outsourcing, and wage inequality." *American Economic Review*. 86, 2: 240-245.

Feenstra, R.C. and G.H. Hanson. 1999. "The impact of outsourcing and high-technology capital on wages: Estimates for the United States, 1979-1990." *The Quarterly Journal of Economics*. 114, 3: 907-940.

Gera, S., W. Gu and Z. Lin. 2001. "Technology and the demand for skills in Canada: An industry-level analysis." *The Canadian Journal of Economics*. 34, 1: 132-148.

Im, K.S., H.M. Pesaran and Y. Shin. 2003. "Testing for unit roots in heterogeneous panels." *Journal of Econometrics*. 115, 1: 53-74.

Katz, L.F. and K.M. Murphy. 1992. "Changes in relative wages, 1963-1987: Supply and demand factors." *The Quarterly Journal of Economics*. 107, 1: 35-78.

Katz, L.F. and D.H. Autor. 1999. "Changes in the wage structure and earnings inequality." In *Handbook of Labour Economics*, Vol 3. O. Ashenfelter and D. Card (eds.). Amsterdam: North-Holland.

Leamer, E.E. 1994. "Trade, wages, and revolving door ideas." NBER Working Paper No. 4716.

Statistics Canada. 1990. *Manufacturing Industries of Canada: National and Provincial Areas*. Catalogue No. 31-203-XPB. Ottawa: Supply and Services Canada.

ECONOMIC ANALYSIS (EA)
RESEARCH PAPER SERIES

No. 001 *A Comparison of Canada-U.S. Economic Growth in the Information Age, 1981-2000: The Importance of Investment in Information and Communication Technologies,* ***Philip Armstrong, Tarek M. Harchaoui, Chris Jackson and Faouzi Tarkhani (March 1, 2002)***

No. 002 *Purchasing Power Parity: A Canada/U.S. Exploration,* ***Beiling Yan (May 2002)***

No. 003 *The Trend to Smaller Producers in Manufacturing: A Canada/U.S. Comparison,* ***John Baldwin, Ron S. Jarmin, Jianmin Tang (May 2002)***

No. 004 *Foreign Affiliate Trade Statistics – 1999: How Goods and Services are Delivered in International Markets,* ***Balance of Payments Division, Colleen Cardillo (April 2002)***

No. 005 *Regional Manufacturing Employment Volatility in Canada: The Effects of Specialization and Trade,* ***John Baldwin and W.Mark Brown (April 11, 2003)***

No. 006 *Growth History, Knowledge Intensity and Capital Structure in Small Firms,* ***G.Gellatly, S.Thornhill, A.Riding (August 6, 2003)***

No. 007 *Accounting for Greenhouse Gases in the Standard Productivity Framework,* ***Tarek Harchaoui, Dmitry Kabrelyan and Rob Smith (November 1, 2002)***

No. 008 *Overcoming Distance, Overcoming Borders: Comparing North American Regional Trade,* ***W.Mark Brown (April 16, 2003)***

No. 009 *Assessing the Impact of Greenhouse Gas Emissions on Canada's Productivity Growth, 1981-1996: An Expermental Approach,* ***Tarek M. Harchaoui and Pierre Lasserre (November 1, 2002)***

No. 010 *A Frontier Approach to Canada-U.S. Multifactor Productivity Performance,* ***Kaïs Dachraoui, Tarek M. Harchaoui (April 3, 2003)***

No. 011 *Participation in Export Markets and Productivity Performance in Canadian Manufacturing,* ***John R.Baldwin, Wulong Gu (August 13, 2003)***

No.012 *Impact of Advanced Technology Use on Firm Performance in the Canadian Food Processing Sector,* ***John R.Baldwin, David Sabourin and David Smith (June 3, 2003)***

No.013 *Foreign Affiliate Trade Statistics – Canadian Operations Abroad, 1999 to 2001-* ***Balance of Payments Division, by Michael Marth (May 2003)***

No.014 *The Effect of Tariff Reductions on Firm Size and Firm Turnover in Canadian Manufacturing,* ***Wulong Gu, G.Sawchuk, L.Whewell (August 19, 2003)***

No.015 *The Sources of Growth of the Canadian Business Sector's CO2 Emissions, 1990-1996,* ***by Kaïs Dachraoui, Gerry Gravel, Tarek M. Harchaoui and Joe St. Lawrence (September 2003)***

No.016 *The Impact of Self-employment on Labour Productivity Growth: A Canada and United States Comparison,* ***John R. Baldwin, James Chowhan (August 21, 2003)***

No.017 *Public Capital and Its Contribution to the Productivity Performance of the Canadian Business Sector,* ***Tarek M. Harchaoui and Faouzi Tarkhani (November 12, 2003)***

No.018 *Prosperity and Productivity: A Canada-Australia Comparison,* ***Tarek M. Harchaoui, Jimmy Jean and Faouzi Tarkhani (December 9, 2003)***

No.019 *Hollowing-out, trimming-down or scaling-up? An Analysis of head Offices in Canada, 1999-2002,* ***John Baldwin, Desmond Beckstead and Mark Brown (December 8, 2003)***

No.020 *The Effect of Changing Technology Use on Plant Performance in the Canadian Manufacturing Sector,* ***John Baldwin and David Sabourin (July 27, 2004)***

No.021 *Industrial Competition, Shifts in Market Share and Productivity Growth.* ***John Baldwin and Wulong Gu (July 22, 2004)***

No.022 *Innovation, Survival and Performance of Canadian Manufacturing Plants,* ***John Baldwin and Wulong Gu (September 2004)***

No.023 *Renewing Canada's Manufacturing Economy: A Regional Comparison, 1973-1996,* ***W.Mark Brown (October 21, 2004)***

No.024 *Catching Up and Falling Behind: The Performance of Provincial GDP per Capita from 1990 to 2003,* ***John R. Baldwin, Mark Brown, Jean-Pierre Maynard, Danielle Zietsma (November 9, 2004)***

No.025 *Whatever Happened to Canada-U.S. Economic Growth and Productivity Performance in the Information Age?* ***Tarek M. Harchaoui and Faouzi Tarkhani (November 23, 2004)***

No.026 *Water Use, Shadow Prices and the Canadian Business Sector Productivity Performance,* ***Kaïs Dachraoui and Tarek M. Harchaoui (December 1, 2004)***

No.027 *Trade Liberalization: Export-market Participation, Productivity Growth and Innovation,* ***John Baldwin and Wulong Gu (December 14, 2004)***

No.028 *A Comparison of Canadian and U.S. Productivity Levels: An Exploration of Measurement Issues,* ***John R. Baldwin, Jean-Pierre Maynard, Marc Tanguay, Fanny Wong and Beiling Yan (January 20, 2005)***

No.029 *Integration and Co-integration: Do Canada-U.S. Manufacturing Prices Obey the 'Law of One Price'?,* ***André Bernard, Paul Warren and Beiling Yan (February 15,, 2005)***

No.030 *Profitability of Canadian- versus U.S.-Controlled Enterprises,* ***Paul Warren (March 3, 2005)***

No.031 *Responses to Trade Liberalization: Changes in Product Diversification in Foreign- and Domestic-Controlled Plants,* ***John R. Baldwin, Richard Caves and Wulong Gu (March 24, 2005)***

No.032 *Canada's Investments in Science and Innovation: Is the Existing Concept of research and Development Sufficient?,* ***John R. Baldwin, Desmond Beckstead and Guy Gellatly (April 12, 2005)***

No.033 *Death in the Industrial World: Plant Closures and Capital Retirement,* ***John R. Baldwin (May 4,, 2005)***

No.034 *Foreign Multinationals and Head Office Employment in Canadian Manufacturing Firms,* ***John R. Baldwin and W. Mark Brown (June 8, 2005)***

No.035 *Demand for Skills in Canada: The Role of Foreign Outsourcing and Information-Communication Technology,* ***Beiling Yan (October 28, 2005)***

Analyse économique

Documents de recherche

Demande de compétences au Canada : le rôle de l'impartition à l'étranger et de la technologie de l'information et des communications

par Beiling Yan

N° 035

Statistics Canada Statistique Canada

Canada

Demande de compétences au Canada : le rôle de l'impartition à l'étranger et de la technologie de l'information et des communications

par
Beiling Yan

11F0027MIF N° 035
ISSN : 1703-0412
ISBN : 0-662-70525-4

Division de l'analyse microéconomique
18e étage, Immeuble R.-H.-Coats
Statistique Canada, Ottawa, K1A 0T6

(613) 951-1234
Courriel : beiling.yan@statcan.ca

Octobre 2005

Une version de cet article a été accepté pour publication dans la Revue canadienne d'économique/ Canadian Journal of Economics © 2005, Association canadienne d'économique.

L'auteur tient à remercier John Baldwin, Richard Brecher, Eshan Choudhri, Zhiqi Chen, John Ries et deux examinateurs anonymes de leurs commentaires. L'auteur remercie tout spécialement Tadeusz Grygier et Larry Schembri de leur lecture minutieuse du document et de leurs suggestions.

Publication autorisée par le ministre responsable de Statistique Canada

© Ministre de l'Industrie, 2005

Tous droits réservés. Le contenu de la présente publication peut être reproduit, en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sans autre permission de Statistique Canada sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins d'étude privée, de recherche, de critique, de compte rendu ou en vue d'en préparer un résumé destiné aux journaux, et/ou à des fins non commerciales. Statistique Canada doit être cité comme suit : Source (ou « Adapté de », s'il y a lieu) : Statistique Canada, nom du produit, numéro au catalogue, volume et numéro, de l'issue, période de référence et page(s). Autrement, il est interdit de reproduire quelque contenu de la présente publication, ou de l'emmagasiner dans un système de recouvrement, ou de le transmettre sous quelque forme et par quelque moyen que ce soit, reproduction électronique, mécanique, photographique, pour quelque fin que ce soit, sans l'autorisation écrite préalable des Services d'octroi de licences, Division du Marketing, Statistique Canada, Ottawa, Ontario, Canada K1A 0T6.

This publication is available in English.

Note de reconnaissance

Le succès du système statistique du Canada repose sur un partenariat bien établi entre Statistique Canada et la population, les entreprises, les administrations canadiennes et les autres organismes. Sans cette collaboration et cette bonne volonté, il serait impossible de produire des statistiques précises et actuelles.

Série de documents de recherche sur l'analyse économique

La série de documents de recherche sur l'analyse économique permet de faire connaître les travaux de recherche effectués par le personnel du Secteur des études analytiques et des comptes nationaux, les boursiers invités et les universitaires associés. La série de documents de recherche a pour but de favoriser la discussion sur un éventail de sujets tels que les répercussions de la nouvelle économie, les questions de productivité, la rentabilité des entreprises, l'utilisation de la technologie, l'incidence du financement sur la croissance des entreprises, les fonctions de dépréciation, l'utilisation de comptes satellites, les taux d'épargne, le crédit-bail, la dynamique des entreprises, les estimations hédoniques, les tendances en matière de diversification et en matière d'investissements, les différences liées au rendement des petites et des grandes entreprises ou des entreprises nationales et multinationales ainsi que les estimations relatives à la parité du pouvoir d'achat. Les lecteurs de la série sont encouragés à communiquer avec les auteurs pour leur faire part de leurs commentaires, critiques et suggestions.

Les documents sont diffusés principalement au moyen d'Internet. Ils peuvent être téléchargés gratuitement sur Internet, à www.statcan.ca.

Tous les documents de recherche de la Série d'analyse économique font l'objet d'un processus de révision institutionnelle et d'évaluation par les pairs afin de s'assurer de leur conformité au mandat confié par le gouvernement à Statistique Canada en tant qu'agence statistique et de leur pleine adhésion à des normes de bonne pratique professionnelle, partagées par la majorité.

Les documents de cette série comprennent souvent des résultats provenant d'analyses statistiques multivariées ou d'autres techniques statistiques. Il faut noter que les conclusions de ces analyses sont sujettes à des incertitudes dans les estimations énoncées.

Le niveau d'incertitude dépendra de plusieurs facteurs : de la nature de la forme fonctionnelle de l'analyse multivariée utilisée; de la technique économétrique employée, de la pertinence des hypothèses statistiques sous-jacentes au modèle ou à la technique; de la représentativité des variables prises en compte dans l'analyse; et de la précision des données employées. Le processus de la revue des pairs vise à garantir que les documents dans les séries correspondent aux normes établies afin de minimiser les problèmes dans chacun de ces domaines.

Comité de révision des publications
Direction des études analytiques, Statistique Canada
18e étage, Immeuble R.-H.-Coats
Ottawa, Ontario, K1A 0T6

Table des matières

Résumé **5**

Sommaire **6**

1. Introduction **8**

2. Cadre empirique **9**

3. Données et statistiques sommaires **11**

3.1 Tendances des salaires relatifs et des parts relatives des coûts *11*
3.2 Mesure du capital TIC *14*
3.3 Mesures de l'impartition à l'étranger *16*

4. Résultats empiriques **17**

4.1 Tests de racine unitaire sur données de panel *17*
4.2 Résultats des régressions *18*

5. Conclusion **22**

Bibliographie **23**

Résumé

La présente étude évalue l'effet des technologies de l'information et des communications (TIC) et de l'impartition à l'étranger sur la demande de travailleurs très qualifiés. Le creusement de l'écart salarial entre les travailleurs très qualifiés et ceux qui le sont peu a été l'une des caractéristiques déterminante de l'économie canadienne au cours des deux dernières décennies. Durant cette période, les dépenses consacrées aux technologies de l'information et des communications et à l'achat d'intrants intermédiaires à l'étranger ont augmenté spectaculairement. L'analyse de données sur 84 branches d'activité manufacturières canadiennes couvrant la période de 1981 à 1996 nous porte à conclure que les TIC ainsi que l'impartition à l'étranger jouent un rôle important dans la demande de compétences.

Mots-clés : technologie de l'information et des communications, impartition à l'étranger, relèvement du niveau de compétence

Code JEL : F16 O33

Sommaire

Le creusement de l'écart salarial entre les travailleurs très qualifiés et ceux qui le sont peu a été l'une des caractéristiques déterminante de l'économie canadienne au cours des deux dernières décennies. En outre, durant cette période, les dépenses consacrées aux technologies de l'information et des communications (TIC) et à l'achat d'intrants intermédiaires à l'étranger ont augmenté spectaculairement. La question importante qui se pose donc naturellement est celle de savoir quel rôle ont joué les TIC et l'impartition à l'étranger dans l'accroissement de la demande de travailleurs qualifiés.

Un certain nombre d'études montrent que le changement technologique favorisant le travail spécialisé est fortement lié à la croissance de la demande de travailleurs qualifiés. À mesure qu'une économie s'oriente vers les secteurs des technologies de l'information et des communications axés sur le savoir, le rôle joué par les TIC sur le marché du travail mérite d'être examiné.

L'impartition à l'étranger pourrait être un déterminant tout aussi important que la technologie du mouvement vers une main-d'œuvre qualifiée. La réduction des barrières tarifaires et l'intégration croissante des marchés mondiaux permettent aux entreprises de passer des producteurs nationaux à forte concentration de main-d'œuvre peu qualifiée à des fournisseurs étrangers, ou de relocaliser leurs procédés de production à forte concentration de main-d'œuvre peu qualifiée dans des pays où la main-d'œuvre est peu coûteuse et d'importer ensuite les produits transformés. L'impartition à l'étranger, définie ici comme étant l'importation d'intrants intermédiaires étrangers, peut donc faire baisser la demande intérieure de main-d'œuvre peu qualifiée et accroître la demande relative de main-d'œuvre qualifiée.

Au moyen de données sur 84 branches d'activité du secteur manufacturier canadien couvrant la période de 1981 à 1996, nous examinons l'effet des TIC et de l'impartition à l'étranger sur la demande relative de travailleurs qualifiés. Nous constatons qu'aussi bien les TIC que l'impartition à l'étranger accroissent de façon significative l'utilisation d'une main-d'œuvre indirecte, c'est-à-dire les travailleurs non affectés à la production, qualifiée dans le secteur manufacturier dans son ensemble.

L'importance relative de ces deux facteurs est, cependant, sensible à la mesure exacte de la demande de main-d'œuvre. Si l'on évalue la demande de compétences d'après la part de la masse salariale imputable à la main-d'œuvre indirecte qualifiée, les TIC ont, selon nos estimations, un effet un peu plus important sur la demande de compétences que l'impartition à l'étranger, les premières accroissant la part de la masse salariale au taux annuel de 0,14 à 1,17 point de pourcentage, et la seconde au taux annuel de 0,12 point de pourcentage. Par contre, si l'on utilise la part de l'emploi attribuable à la main-d'œuvre indirecte qualifiée pour évaluer la demande de compétences, l'effet des TIC est plus faible et le rôle de l'impartition à l'étranger est plus important. Dans ce cas, les TIC donnent lieu à un accroissement de la part de l'emploi imputable à la main-d'œuvre indirecte de 0,05 à 0,08 point de pourcentage annuellement, comparativement à un accroissement de 0,10 point de pourcentage annuellement pour l'impartition à l'étranger.

Malgré la sensibilité de la comparaison de la contribution relative des deux facteurs, nos résultats indiquent que l'impartition à l'étranger, ainsi que les technologies de l'information et des communications jouent un rôle important dans l'accroissement de la demande de compétences, que celle-ci soit évaluée d'après la part de la masse salariale ou d'après la part de l'emploi attribuables à la main-d'œuvre indirecte.

1. *Introduction*

Depuis les années 1980, on assiste à une augmentation de la demande de main-d'œuvre qualifiée et à l'accroissement de l'écart salarial entre les travailleurs qualifiés et non qualifiés dans la plupart des pays industrialisés[1]. Ce phénomène a suscité un vif débat quant à ses causes, particulièrement les rôles joués par le commerce et la technologie.

Plusieurs analyses par décomposition (Berman et coll., 1994, et Berman et coll., 1998) montrent que le mouvement vers une main-d'œuvre qualifiée est dû, en majeure partie, au recrutement accru de travailleurs qualifiés dans les diverses branches d'activité et que le relèvement du niveau des compétences dans ces dernières est à son tour fortement corrélé à l'investissement dans la recherche et le développement (R-D) et l'informatique. D'aucuns soutiennent donc que le progrès technologique biaisé en faveur du travail qualifié plutôt que le commerce est la cause principale de l'accroissement de la demande relative de travailleurs qualifiés.

Cependant, le commerce pourrait être un déterminant tout aussi important que la technologie du relèvement des compétences requises dans les branches d'activité. Même au niveau d'agrégation le plus faible, une branche d'activité est composée d'établissements dont les activités requièrent divers degrés de compétence. La réduction des barrières tarifaires et l'intégration croissante des marchés mondiaux permet aux entreprises qui le souhaitent de passer des producteurs intérieurs à forte concentration de main-d'œuvre peu qualifiée à des fournisseurs étrangers, ou de relocaliser leurs procédés de production à forte concentration de main-d'œuvre peu qualifiée dans des pays où la main-d'œuvre est bon marché, puis d'importer les produits transformés. L'impartition à l'étranger, définie ici comme étant l'importation d'intrants intermédiaires étrangers, pourrait donc faire baisser la demande intérieure de main-d'œuvre peu qualifiée et accroître la demande relative de main-d'œuvre qualifiée[2].

À l'aide de données sur 84 branches d'activité du secteur manufacturier canadien couvrant la période de 1981 à 1996, nous examinons l'effet du commerce (sous la forme de l'impartition à l'étranger) et de la technologie de pointe (sous la forme des technologies de l'information et des communications) sur la demande relative de travailleurs qualifiés. Jusqu'à présent, très peu de travaux ont été réalisés au Canada en vue d'évaluer l'effet du commerce sur la demande de compétences. Baldwin et Rafiquzzaman (1999) ont utilisé l'intensité nette des exportations pour évaluer l'effet du commerce sur les salaires. Ils constatent qu'elle a contribué à l'accroissement de l'écart salarial entre les travailleurs qualifiés et non qualifiés au Canada au cours des années 1980. La présente étude est le premier effort au Canada en vue d'examiner l'effet du commerce, sous la forme de l'impartition à l'étranger, sur la demande relative de main-d'œuvre qualifiée.

Étant donné l'orientation progressive de l'économie vers les secteurs des technologies de l'information et des communications axés sur le savoir, le rôle des TIC a fait l'objet de plusieurs

1. Katz et Murphy (1992), Bound et Johnson (1992), Katz et Autor (1999) pour les États-Unis; Berman et coll. (1998) pour d'autres pays membres de l'OCDE.
2. Cet argument a été examiné dans Feenstra et Hanson (1996, 1999). Ils constatent que l'impartition à l'étranger, ainsi que l'informatique et d'autres technologies de pointe ont joué un rôle important dans le relèvement du niveau de compétence dans le secteur manufacturier des États-Unis durant les années 1980.

études récentes[3]. Baldwin et Rafiquzzaman (1999) s'appuient sur l'Enquête sur les technologies de fabrication au Canada de 1989 qui fournit des renseignements sur l'utilisation de 22 technologies de pointe par les établissements manufacturiers, tandis que Gera et coll. (2001) choisissent le stock de brevets et l'âge du stock de capital comme indicateurs de l'utilisation des nouvelles technologies par les industries manufacturières canadiennes. Le présent document complète ces études en examinant l'effet des technologies de l'information et des communications sur la demande de compétences.

2. *Cadre empirique*

Notre méthode empirique est fondée sur une fonction de coût variable de court terme : $C=C(W_s, W_n, Q, K_{ICT}, K_{NICT}, T)$, où W_s et W_n sont les salaires des travailleurs qualifiés et non qualifiés, qui sont des intrants variables; Q est la production à valeur ajoutée réelle; K_{ICT} et K_{NICT} représentent les stocks quasi fixes de capital TIC et de capital non-TIC; et T est une tendance temporelle. La production à valeur ajoutée Q est égale à la différence entre la production brute réelle Y et les utilisations intermédiaires d'énergie (E), de services (S) et de matières premières (M). En outre, l'utilisation de matières premières (M) est égale à la somme des matières premières produites sur le marché intérieur (M_d) et des matières premières importées de l'étranger (M_f). La fonction de coût résultante est $C=C(W_s, W_n, Y, E, S, M_d, M_f, K_{ICT}, K_{NICT}, T)$.

Sous forme translogarithmique, la fonction de coût (Christensen et coll., 1973) peut s'écrire comme suit :

$$
\begin{aligned}
lnC = {} & \alpha_0 + \sum_l \alpha_l lnW_l + \alpha_y lnY + \alpha_e lnE + \alpha_s lnS + \alpha_d lnM_d + \alpha_f lnM_f + \sum_m \alpha_m lnK_m + \alpha_t T \\
& + 0{,}5[\sum_l\sum_j \alpha_{lj} lnW_l lnW_j + \alpha_{yy} lnY lnY + \alpha_{ee} lnE lnE + \alpha_{ss} lnS lnS + \alpha_{dd} ln M_d lnM_d + \alpha_{ff} ln M_f lnM_f + \\
& \sum_m\sum_n \alpha_{mn} lnK_m lnK_n + \alpha_{tt} TT] \\
& + \sum_l \alpha_{ly} lnW_l lnY + \sum_l \alpha_{le} lnW_l lnE + \sum_l \alpha_{ls} lnW_l lnS + \sum_l \alpha_{ld} lnW_l lnM_d + \sum_l \alpha_{lf} lnW_l lnM_f + \sum_l\sum_m \\
& \alpha_{lm} lnW_l lnK_m + \sum_l \alpha_{lt} lnW_l T \\
& + \alpha_{ye} lnY lnE + \alpha_{ys} lnY lnS + \alpha_{yd} lnY lnM_d + \alpha_{yf} lnY lnM_f + \sum_m \alpha_{ym} lnY lnK_m + \alpha_{yt} lnY T \\
& + \alpha_{es} lnE lnS + \alpha_{ed} lnE lnM_d + \alpha_{ef} lnE lnM_f + \sum_m \alpha_{em} lnE lnK_m + \alpha_{et} lnE T \\
& + \alpha_{sd} lnS lnM_d + \alpha_{sf} lnS lnM_f + \sum_m \alpha_{sm} lnS lnK_m + \alpha_{st} lnS T \\
& + \alpha_{df} lnM_d lnM_f + \sum_m \alpha_{dm} lnM_d lnK_m + \alpha_{dt} lnM_d T \\
& + \sum_m \alpha_{fm} lnM_f lnK_m + \alpha_{ft} lnM_f T + \sum_m \alpha_{mt} lnK_m T \qquad (1)
\end{aligned}
$$

où l et j sont des indices représentant les travailleurs qualifiés et non qualifiés, respectivement, et m et n sont des indices représentant le stock de capital TIC et non-TIC, respectivement.

Supposons que les entreprises choisissent d'utiliser des quantités variables de travailleurs qualifiés et non qualifiés afin de minimiser les coûts. D'après le lemme de Shephard, la part de la masse salariale imputable à la main-d'œuvre l est :

3. Consulter la série intitulée *L'économie en transition* publiée par Statistique Canada.

$$S_l = \partial lnC/\partial lnW_l$$
$$= \alpha_l + \sum_j \alpha_{lj} lnW_j + \alpha_{ly} lnY + \alpha_{le} lnE + \alpha_{ls} lnS + \alpha_{ld} lnM_d + \alpha_{lf} lnM_f + \sum_m \alpha_{lm} lnK_m + \alpha_{lt} T \quad (2)$$

Les paramètres des équations susmentionnées doivent satisfaire aux contraintes suivantes dues aux conditions de symétrie et d'homogénéité :

$$\alpha_{lj} = \alpha_{jl}, \alpha_{lm} = \alpha_{ml} \text{ pour tout } l, j \text{ et } m$$
$$\sum_l \alpha_l = 1, \sum_j \alpha_{lj} = 0, \sum_j \alpha_{ly} = 0, \sum_j \alpha_{le} = 0, \sum_j \alpha_{ls} = 0, \sum_j \alpha_{ld} = 0, \sum_j \alpha_{lf} = 0, \sum_l \alpha_{lm} = 0, \sum_l \alpha_{lt} = 0$$

Ces contraintes signifient que nous pourrions laisser tomber une équation de part des coûts dans notre estimation. Supposons que supprimions la part des coûts des travailleurs non qualifiés. Sachant qu'il existe d'autres contraintes paramétriques, la part de la masse salariale des travailleurs qualifiés pour la branche d'activité i durant l'année t pourrait se réécrire :

$$S_{it} = \alpha_i + \gamma T + \beta_1 lnY_{it} + \beta_2 lnE_{it} + \beta_3 lnS_{it} + \beta_4 lnM_{d,it} + \beta_5 lnM_{f,it} + \beta_6 lnK_{ICT,i\,t} + \beta_7 lnK_{NICT,it}$$
$$+ \beta_8 ln(W_{s,it}/W_{n,it}) + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

où ε_{it} est le terme d'erreur et α_i est l'effet fixe de branche d'activité. La tendance temporelle T tient compte de l'effet du déplacement courant de la demande de compétences entre branches d'activité.

Le coefficient de $lnK_{ICT,it}$ indique si le travailleur qualifié est un complément ($\beta_6 > 0$) ou un substitut ($\beta_6 < 0$) du stock de capital TIC. Un coefficient positif signifie que le capital TIC entraîne la consommation relative de compétences, tandis qu'un coefficient négatif signifie qu'il entraîne une économie relative de compétences. Une valeur non significative de β_6 implique une absence d'effet sur les compétences. Une interprétation semblable s'applique au coefficient du stock de capital non-TIC (β_7).

L'effet de l'impartition à l'étranger sur la demande de main-d'œuvre qualifiée est reflété par le paramètre β_5. Une valeur positive de β_5 signifie que l'impartition à l'étranger fait augmenter la demande de main-d'œuvre qualifiée, tandis qu'une valeur négative indique l'opposé.

Un accroissement de la part de la masse salariale des travailleurs qualifiés est le signe d'une augmentation de la demande relative de cette catégorie de travailleurs. Une autre mesure permettant de refléter l'évolution de la composition de la main-d'œuvre est la part de l'emploi imputable aux travailleurs qualifiés. Dans certaines circonstances, la part de la masse salariale est une meilleure mesure que la part de l'emploi, puisque la variation des quantités demandées est atténuée dans une certaine proportion par la variation relative des salaires[4]. Pour vérifier que les résultats ne sont pas sensibles à la mesure choisie, nous présentons aussi ceux obtenus en utilisant la part de l'emploi comme variable dépendante dans les régressions.

Selon Berman et coll. (1994), il est peu probable que les salaires relatifs soient exogènes, puisqu'ils peuvent refléter à la fois le mélange de diverses qualités de main-d'œuvre et l'effet du

4. Comme le soulignent Berman et coll. (1994), la part de la masse salariale est une meilleure mesure, à condition que l'élasticité de substitution entre la main-d'œuvre directe et la main-d'œuvre indirecte soit supérieure à l'unité.

relèvement des compétences. Il est donc courant, dans la littérature, d'exclure de l'équation (3) le salaire relatif des travailleurs qualifiés par rapport aux travailleurs non qualifiés. Nous adoptons cette approche ici. Nous expérimentons aussi une autre spécification en utilisant les salaires retardés dans la régression.

3. *Données et statistiques sommaires*

Les données analysées proviennent de trois sources : l'ensemble de données sur la productivité KLEMS (capital, travail, énergie, matières premières et services), l'Enquête annuelle des manufactures (EAM) et les tableaux d'entrées-sorties de Statistique Canada. Les données annuelles tirées de ces trois sources sont toutes appariées au niveau d'agrégation P de la CTI de 1980, couvrant 84 branches d'activité manufacturières pour la période allant de 1981 à 1996[5]. Les données sur (Y, E, S, M_d, M_f, K_{ICT}, K_{NICT}) sont toutes exprimées en dollars constants de 1992.

3.1 Tendances des salaires relatifs et des parts relatives des coûts

Les renseignements sur les prix et les quantités de produits, de capital et de main-d'œuvre sont tirés de l'ensemble de données KLEMS. Cependant, ce dernier ne contient pas de données détaillés sur la main-d'œuvre selon le niveau de compétence. Par contre, l'EAM fournit ce genre de renseignements. Les données de cette enquête incluent l'effectif et la rémunération de la main-d'œuvre indirecte et de la main-d'œuvre directe (main-d'œuvre de production). Nous calculons donc les parts de l'emploi et de la masse salariale d'après les données de l'EAM pour la main-d'œuvre directe et indirecte, puis nous les appliquons à l'emploi total et à la masse salariale totale de la main-d'œuvre dans l'ensemble de données KLEMS.

Nous utilisons la main-d'œuvre indirecte et directe comme approximation des travailleurs très qualifiés et peu qualifiés, respectivement[6]. En divisant la masse salariale totale de la main-d'œuvre par l'emploi total, nous obtenons les salaires moyens de la main-d'œuvre indirecte et de la main-d'œuvre de production. La figure 1 et le tableau 1 montrent que le rapport entre les salaires de la main-d'œuvre indirecte et de la main-d'œuvre de production a augmenté régulièrement depuis les années 1981, au taux moyen de 0,98 point de pourcentage par année.

---

5. La base de données KLEMS contient des données sur les branches d'activité définies selon la CTI pour la période allant de 1981 à 1996 et selon le SCIAN pour la période allant de 1992 à 2002. Nous avons choisi des données couvrant la période de 1981 à 1996, puisqu'il s'agit de celle durant laquelle l'écart salarial entre les travailleurs qualifiés et non qualifiés s'est creusé le plus.
6. La main-d'œuvre de production comprend tous les travailleurs n'occupant pas un poste de supervision qui sont affectés à la transformation, à l'assemblage, à l'inspection, à l'entreposage, à la manutention et à l'emballage, et ceux qui sont affectés aux services d'entretien, de réparation, de nettoyage et de garde des lieux. Tous les autres travailleurs constituent la main-d'œuvre indirecte, c'est-à-dire le personnel de direction, le personnel administratif et le personnel de vente (Statistique Canada, 1990). Cette classification très générale dans les catégories de la main-d'œuvre de production et de la main-d'œuvre indirecte a des limites dues à la nature hétérogène des compétences des travailleurs affectés à chaque catégorie (Leamer, 1994). Cependant, Berman et coll. (1994) montrent que la distinction entre main-d'œuvre de production et main-d'œuvre indirecte reflète étroitement la distinction entre les catégories professionnelles des cols bleus et des cols blancs, et qu'à son tour, la classification en cols bleus/cols blancs reflète étroitement la classification selon le niveau de scolarité en études secondaires/études collégiales.

Par contre, les parts de la masse salariale totale et de l'emploi total imputable à la main-d'œuvre indirecte n'ont diminué que légèrement au cours de la période (figure 2 et tableau 1). Malgré le coût relatif croissant de la main-d'œuvre indirecte, le remplacement de cette dernière par d'autres travailleurs a été peu important. Les tendances observées des quantités relatives et des prix relatifs de la main-d'œuvre indirecte et de la main-d'œuvre de production nous portent à conclure que la demande de travailleurs qualifiés est à la hausse dans le secteur manufacturier dans son ensemble.

Au niveau agrégé, l'accroissement de la demande de travailleurs qualifiés peut être moins évidente au Canada qu'aux États-Unis, où la part de l'emploi imputable à la main-d'œuvre indirecte a augmenté au taux annuel moyen de 0,56 point de pourcentage de 1979 à 1987 (Berman et coll., 1994). Comparativement, la part de l'emploi de la main-d'œuvre indirecte dans le secteur manufacturier canadien est demeurée assez stable[7]. Toutefois, au Canada, la tendance agrégée globale masque de fortes variations d'une branche d'activité à l'autre. Le tableau 1 indique que les écarts-types calculés pour les variations annuelles moyennes des parts sont assez grands, soit de 0,33 et 0,31, pour la part de la masse salariale et la part de l'emploi de la main-d'œuvre indirecte, respectivement. L'accroissement le plus appréciable de l'intensité des compétences a eu lieu dans l'industrie des produits électriques et électroniques et a diminué fortement dans les industries des produits chimiques et des aliments. Cette variation entre branches d'activité nous permet de regrouper les données recueillies pour les diverses périodes et les divers secteurs afin de déterminer si les différences de demande de compétences selon la branche d'activité sont systématiquement liées aux différences d'utilisation des TIC et de l'impartition à l'étranger.

7. Les données provenant de plusieurs autres enquêtes microéconomiques spéciales indiquent aussi que la part de l'emploi des travailleurs qualifiés a peu augmenté (Gera et coll., 2001) au niveau agrégé, si la classification des compétences est fondée sur la Classification nationale des professions.

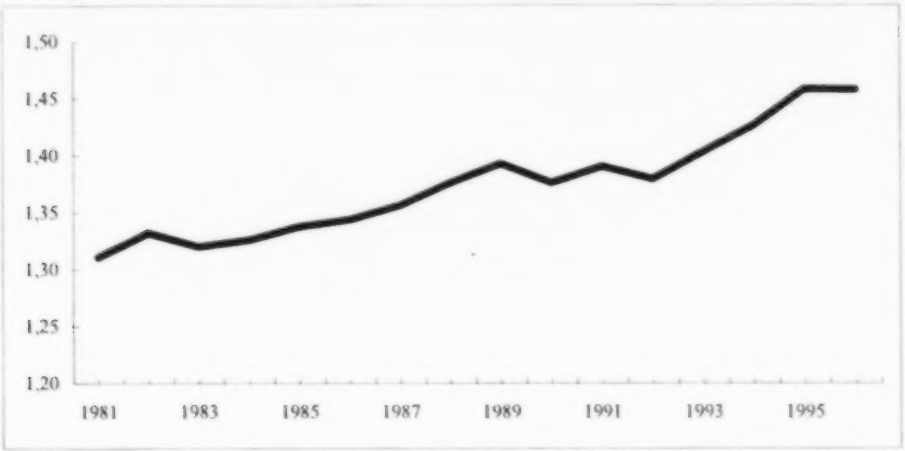
Tableau 1. Moyennes pour l'ensemble du secteur manufacturier, 1981 à 1996

Année	Rapport des salaires de la main-d'œuvre indirecte à la main-d'œuvre de production	Part de la masse salariale de la main-d'œuvre indirecte	Part de l'emploi de la main-d'œuvre indirecte	Logarithme de l'indice implicite des prix des TIC	Logarithme de l'indice implicite des prix des produits non-TIC	Part des TIC dans l'investissement total	Part des TIC dans le stock de capital total	Part des intrants intermédiaires importés	Logarithme du produit brut réel	Logarithme de l'énergie	Logarithme des services	Logarithme des matières premières importées	Logarithme des matières premières intérieures	Logarithme du stock de capital TIC	Logarithme du stock de capital non-TIC
1981	1,31	0,32	0,27	1,03	-0,31	0,015	0,008	0,304	14,45	10,50	12,06	12,38	13,27	7,39	12,6
1982	1,33	0,33	0,28	1,05	-0,23	0,022	0,009	0,296	14,32	10,43	11,98	12,19	13,14	7,53	12,6
1983	1,32	0,32	0,27	0,83	-0,20	0,034	0,012	0,297	14,35	10,42	12,00	12,23	13,16	7,71	12,5
1984	1,33	0,32	0,26	0,75	-0,16	0,034	0,014	0,316	14,45	10,46	12,07	12,40	13,24	7,92	12,5
1985	1,34	0,32	0,27	0,67	-0,11	0,034	0,016	0,319	14,50	10,46	12,13	12,47	13,29	8,07	12,5
1986	1,34	0,32	0,27	0,55	-0,09	0,039	0,018	0,342	14,53	10,49	12,19	12,60	13,31	8,27	12,6
1987	1,36	0,32	0,26	0,43	-0,07	0,045	0,022	0,329	14,58	10,49	12,21	12,62	13,39	8,54	12,6
1988	1,38	0,32	0,26	0,36	-0,07	0,048	0,024	0,337	14,62	10,57	12,21	12,70	13,43	8,69	12,6
1989	1,39	0,32	0,26	0,27	-0,04	0,048	0,026	0,342	14,64	10,60	12,19	12,75	13,46	8,82	12,7
1990	1,38	0,33	0,26	0,18	-0,02	0,059	0,028	0,366	14,57	10,54	12,11	12,76	13,35	8,93	12,7
1991	1,39	0,33	0,27	0,08	-0,03	0,069	0,032	0,390	14,49	10,53	12,02	12,74	13,22	9,01	12,7
1992	1,38	0,32	0,26	0,00	0,00	0,090	0,036	0,417	14,49	10,53	12,02	12,80	13,16	9,10	12,6
1993	1,40	0,32	0,26	-0,06	0,04	0,101	0,042	0,447	14,52	10,53	12,03	12,90	13,10	9,23	12,6
1994	1,43	0,32	0,25	-0,11	0,10	0,102	0,046	0,462	14,60	10,54	12,14	12,99	13,14	9,36	12,6
1995	1,46	0,31	0,25	-0,18	0,14	0,121	0,052	0,467	14,64	10,55	12,19	13,04	13,17	9,51	12,6
1996	1,46	0,31	0,24	-0,29	0,14	0,127	0,058	0,469	14,68	10,56	12,32	13,08	13,22	9,66	12,7
Variations annualisées en pourcentage (1981 à 1996)															
Moyenne	0,98	-0,04	-0,16	-8,84	2,99	0,75	0,34	1,10	1,47	0,39	1,73	4,65	-0,38	15,11	0,3
	(1,14)	(0,33)	(0,31)	(3,56)	(0,37)	(0,59)	(0,26)	(0,48)	(3,44)	(3,03)	(2,59)	(3,74)	(3,19)	(6,09)	(3,3

Note : La variation annualisée est égale à la différence entre la première et la dernière année divisée par le nombre d'années. L'écart-type figure entre parenthèses.

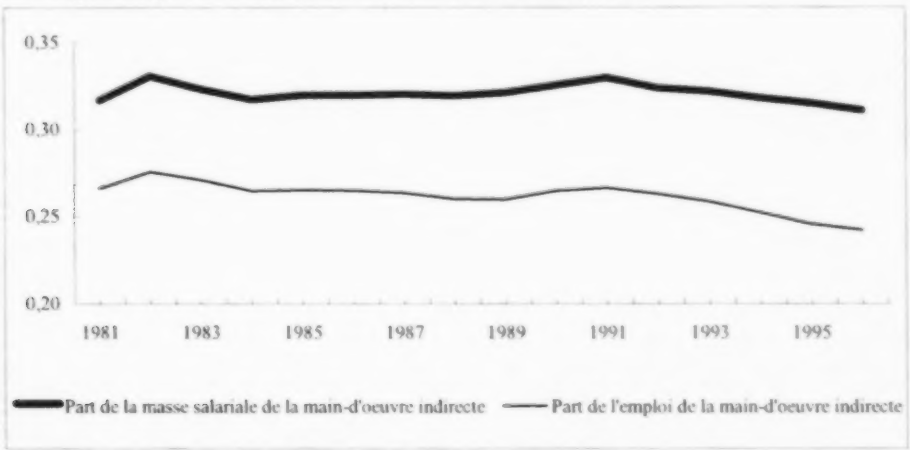
Source : Données provenant de la KLEMS, de l'EAM et des tableaux d'entrées-sorties, Statistique Canada

Figure 1. Rapport entre les salaires de la main-d'œuvre indirecte et de la main-d'œuvre de production — Moyenne pour le secteur manufacturier canadien



Source : Données provenant de la KLEMS et de l'EAM, Statistique Canada.

Figure 2. Parts de la masse salariale et de l'emploi de la main-d'œuvre indirecte — Moyenne pour le secteur manufacturier canadien

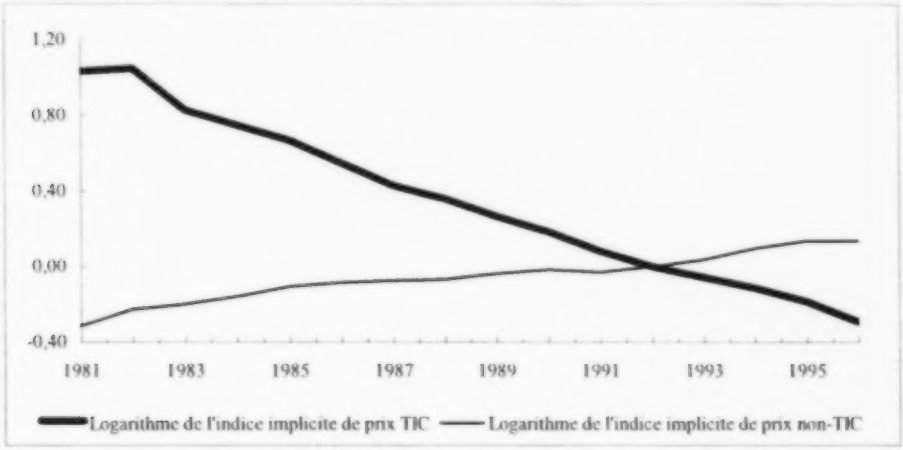


Source : Données provenant de la KLEMS et de l'EAM, Statistique Canada.

3.2 Mesure du capital TIC

Le Programme de la productivité de Statistique Canada estime des valeurs du stock de capital pour 22 actifs non résidentiels en se servant de données sur l'investissement réel et de la méthode de l'inventaire permanent. Pour tenir compte de l'amélioration de la qualité de générations successives d'actifs TIC, on obtient la valeur de l'investissement réel dans ces actifs en utilisant comme déflateurs de la valeur nominale des « indices des prix à qualité constante ». Ces indices sont estimés par des méthodes hédoniques qui permettent d'ajuster les prix en tenant compte des changements de qualité. Elles consistent à déterminer le prix d'un ensemble commun de caractéristiques au cours du temps et à traiter les gains de qualité comme une réduction du prix des actifs TIC.

Figure 3. Prix de l'investissement TIC et non-TIC — Moyenne pour le secteur manufacturier canadien (en logarithme, 1992=1)



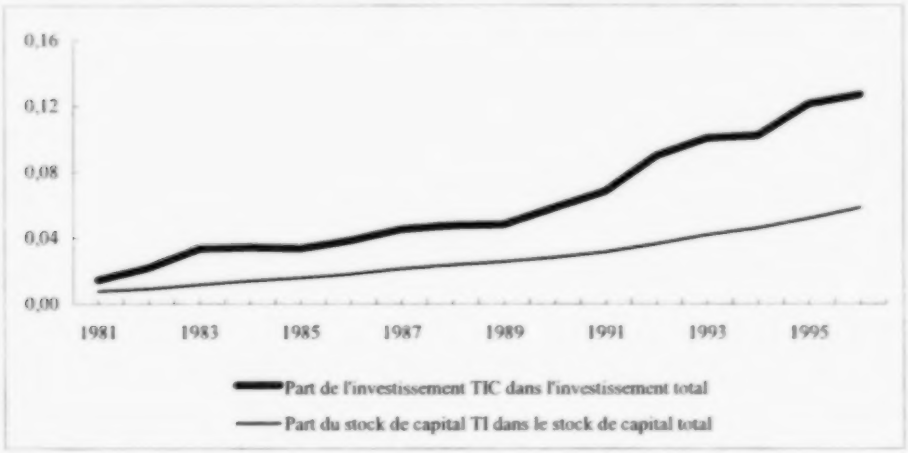
Source : Données provenant de la KLEMS, Statistique Canada.

Parmi les 22 actifs non résidentiels, nous en définissons cinq comme étant des biens d'investissement TIC, à savoir les ordinateurs et le matériel de bureau, le matériel de communication, les logiciels internes, les logiciels pré-emballés et les logiciels personnalisés. Les 18 autres actifs sont classés dans la catégorie des actifs non-TIC. Les divers types d'actifs sont agrégés au moyen d'un indice chaîne pondéré de Fisher.

La figure 3 et le tableau 1 mettent en relief la diminution importante du prix ajusté pour les changements de qualité des actifs TIC. De 1981 à 1996, ce prix a diminué au taux moyen de 8,84 % par année. Comparativement, l'indice implicite des prix des actifs non-TIC a augmenté au taux moyen de 2,99 % par année. La diminution du prix relatif des actifs TIC reflète les progrès techniques plus importants réalisés dans la production de ces derniers que dans celle des actifs non-TIC.

La figure 4 et le tableau 1 montrent que la contribution de l'investissement TIC à l'investissement total s'est accrue assez régulièrement au cours du temps, pour passer d'une part moyenne de 1,5 % en 1981 à 12,7 % en 1996. L'investissement relativement plus rapide dans les TIC détermine directement la croissance du stock de capital et mène à une augmentation de la part des actifs TIC dans le stock de capital total. La part du stock de capital TIC a augmenté au taux moyen de 0,34 point de pourcentage par année.

Figure 4. Part des TIC dans l'investissement et le stock de capital — Moyenne pour le secteur manufacturier canadien (évaluée en prix constant, 1992=1)



Source : Données provenant de la KLEMS et de l'EAM, Statistique Canada.

3.3 Mesures de l'impartition à l'étranger

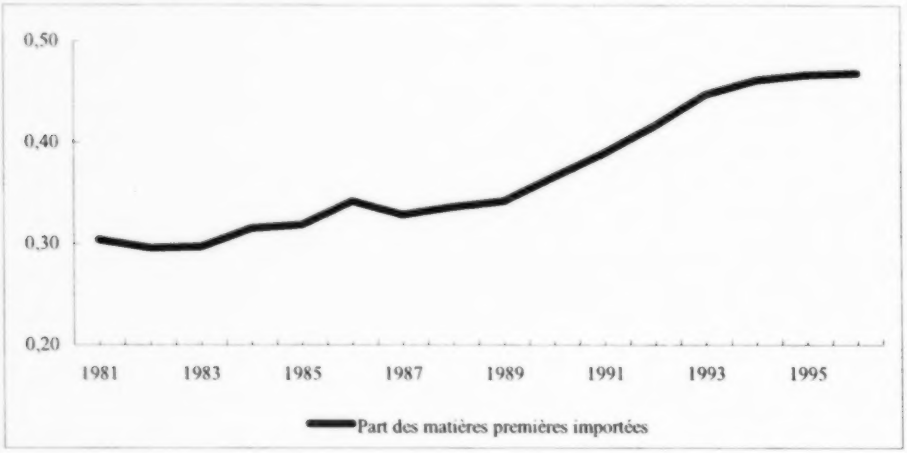
La mesure de l'impartition à l'étranger s'inspire de Feenstra et Hanson (1996). Nous définissons l'impartition à l'étranger comme étant l'importation de matières premières intermédiaires. Nous construisons la mesure d'après les tableaux d'entrées-sorties du Canada. Ceux-ci montrent les biens intermédiaires achetés par chacune des branches d'activité manufacturières à trois ou à quatre chiffres auprès de chacune des autres branches d'activité manufacturières. Nous multiplions la valeur des achats d'intrants auprès de chaque branche d'activité fournisseuse par la propension à importer de chaque branche d'activité fournisseuse, puis nous calculons la somme sur l'ensemble des branches d'activité fournisseuses pour dériver la valeur totale des matières premières intermédiaires importées $M_{f,it}$ pour chaque branche d'activité i au temps t. C'est-à-dire :

$$M_{f,it} = (\sum_k V_{k,it} R_{k,t})$$

où V_{kit} est la valeur des matières premières intermédiaires achetées par la branche d'activité i auprès de la branche d'activité fournisseuse k, et $R_{k,t}$ est la propension à importer de la branche d'activité fournisseuse k au temps t. La propension à importer de chaque branche d'activité fournisseuse est calculée comme étant le rapport des importations à la consommation totale (production totale + importations — exportations). La valeur des matières premières intérieures ($M_{d,it}$) est alors simplement égale à la différence entre la valeur totale des matières premières utilisées et la valeur des matières premières importées ($M_{f,it}$).

La figure 5 et le tableau 1 illustrent l'expansion spectaculaire de l'impartition à l'étranger des branches d'activité manufacturières canadiennes de 1981 à 1996. La part des intrants intermédiaires importés est passée de 30,4 % des achats totaux de matières premières, en moyenne, en 1981 à 46,9 % en 1996. L'accroissement a été particulièrement prononcé pour les années 1990, durant lesquelles il a augmenté de 1,8 point de pourcentage par année, comparativement à 0,5 point de pourcentage par année durant les années 1980.

Figure 5. Part des matières premières importées — Moyenne pour le secteur manufacturier canadien



Source : Données provenant des tableaux d'entrées-sorties, Statistique Canada.

4. Résultats empiriques

4.1 Tests de racine unitaire sur données de panel

Nous avons estimé l'équation (3) au moyen de données chronologiques regroupées représentant 84 branches d'activité manufacturières de 1981 à 1996. Le regroupement de données transversales en fonction du temps peut toutefois introduire une variance non constante des termes d'erreurs dues à la non-stationnarité des données.

Avant l'estimation, nous vérifions donc la stationnarité des variables individuelles et, au besoin, des résidus de régression, par la méthode des tests de racine unitaire sur données de panel proposée par Im, Pesaran et Shin (2003). La méthode débute par l'estimation d'une régression de Dickey-Fuller pour chaque branche d'activité. Par exemple, pour la variable X, la régression de Dickey-Fuller fait intervenir l'équation suivante :

$$dX_t = c + \rho X_{t-1} \tag{4}$$

où $dX_t = X_t - X_{t-1}$ et c est une constante. La régression (4) est exécutée avec et sans terme de tendance. Le test de racine unitaire sur données de panel est alors réalisé en obtenant une statistique t moyenne pour le coefficient ρ sur l'ensemble des branches d'activité et en testant pour une racine unitaire à l'échelle du système en comparant la statistique t moyenne aux valeurs critiques figurant dans les tables produites par Im, Pesaran et Shin (2003).

Nous présentons au tableau 2 la statistique t moyenne calculée selon cette méthode pour chaque variable indépendante et les résidus de l'équation (3). Nous ne pouvons rejeter l'hypothèse nulle d'absence de racine unitaire pour certaines variables, mais nous la rejetons pour les résidus de l'équation (3). Ce rejet implique que la régression est co-intégrée et que l'inférence statistique standard est applicable.

Tableau 2. Test de racine unitaire sur données de panel

Variable	Statistique t moyenne	
	Avec tendance	Sans tendance
Part de la masse salariale de la main-d'œuvre indirecte (S_{it})	-2,38 *	-1,97 *
Logarithme de la production brute réelle (lnY_{it})	-2,26	-1,64
Logarithme de l'intrant énergie (lnE_{it})	-2,38 *	-1,71 *
Logarithme de l'intrant services (lnS_{it})	-1,77	-1,38
Logarithme de l'intrant matières premières importées ($lnM_{f,it}$)	-2,46 *	-1,21
Logarithme de l'intrant matières premières intérieures ($lnM_{d,it}$)	-2,26	-1,66
Logarithme du stock de capital TIC ($lnK_{ICT,it}$)	-1,98	-1,14
Logarithme du stock de capital non-TIC ($lnK_{ICT,it}$)	-1,46	-1,06
Résidu de la co-intégration de l'équation de régression (3)	-2,55 *	-2,03 *

Note : La statistique de test est calculée comme étant la statistique t moyenne des régressions de Dickey-Fuller avec et sans tendance. * indique que la statistique est significative au seuil de signification de 5 %. Les valeurs critiques de t pour le seuil de signification de 5 % sont -2,31 et -1,67 avec et sans tendance respectivement, d'après les tables de Im, Pesaran et Shin (2003).

Source : Données provenant de la KLEMS, de l'EAM et des tableaux d'entrées-sorties, Statistique Canada.

4.2 Résultats des régressions

Les résultats de l'estimation du modèle à effets fixes de branche d'activité donné par l'équation (3) sont présentés au tableau 3. Toutes les régressions sont calculées par les MCO pondérés, où le poids est la part de l'emploi dans le secteur manufacturier imputable à la branche d'activité. Nous présentons les résultats avec la tendance temporelle et avec des variables muettes d'année.

La spécification (1), fondée sur l'équation (3), est notre cas de référence. Le coefficient de l'intrant matières premières importées est positif et significatif. Il indique qu'une augmentation de 1 % de l'utilisation de matières premières étrangères importées entraîne un accroissement moyen de 0,026 point de pourcentage de la part de la masse salariale imputable à la main-d'œuvre indirecte. Ceci donne du poids à notre hypothèse voulant que le remplacement des fournisseurs intérieurs à forte concentration de main-d'œuvre peu qualifiée par des fournisseurs étrangers réduit la demande intérieure de main-d'œuvre peu qualifiée et augmente la demande relative de travailleurs qualifiés. Le coefficient de l'intrant matière première intermédiaire intérieure est statistiquement non significatif.

Le coefficient estimé du stock de capital TIC est également significatif et de signe positif. Une augmentation de 1 % du stock de capital TIC, en moyenne, fait augmenter la part de la masse salariale de la main-d'œuvre indirecte d'environ 0,11 point de pourcentage. Ceci donne à penser que les travailleurs qualifiés sont le complément du capital TIC : l'adoption des TIC accroît la demande et l'utilisation de travailleurs plus qualifiés comparativement aux travailleurs peu qualifiés. Le coefficient du stock de capital non-TIC n'est pas statistiquement significatif.

Les trois colonnes suivantes (*colonnes (2)* à *(4)*) donnent les résultats obtenus en utilisant d'autres spécifications. La *colonne (2)* correspond à l'ajout, comme variable indépendante supplémentaire, du salaire relatif de la main-d'œuvre indirecte par rapport à la main-d'œuvre de production; les *colonnes (3)* et *(4)* correspondent à l'utilisation de la part de l'emploi au lieu de la part de la masse salariale de la main-d'œuvre indirecte comme variable dépendante. Les résultats sont qualitativement semblables au cas de référence : les coefficients du stock de capital TIC et de l'impartition à l'étranger demeurent significatifs et positifs[8].

Pour évaluer l'importance relative des TIC et de l'impartition à l'étranger, nous présentons au tableau 4 la contribution annuelle moyenne de chaque covariable. Cette contribution est égale au produit des coefficients estimés présentés au tableau 3 et des variations annuelles moyennes en pourcentage présentées au tableau 1. Par exemple, si les coefficients sont estimés sous la spécification (1) avec une tendance temporelle, le calcul donne une contribution de 0,121 pour l'impartition à l'étranger (tableau 4) qui correspond au produit du coefficient estimé de 0,026 (tableau 3) et de l'augmentation annuelle moyenne en pourcentage de 4,65 (tableau 1).

Le tableau 4 montre que l'impartition à l'étranger fait augmenter la demande de travailleurs qualifiés de 0,12 point de pourcentage annuellement si nous utilisons la part de la masse salariale de la main-d'œuvre indirecte comme mesure de la demande de compétences, et de 0,10 point de pourcentage annuellement si nous utilisons la part de l'emploi comme mesure. La contribution des TIC est sensible à la spécification empirique utilisée : si nous utilisons la part de la masse salariale pour évaluer la demande de compétences, la contribution annuelle moyenne estimative des TIC est de l'ordre de 0,14 à 0,17 point de pourcentage, mais elle n'est plus que de 0,05 à 0,08 point de pourcentage si nous utilisons la part de l'emploi. Par conséquent, l'influence relative de l'impartition à l'étranger et des TIC sur la demande de compétences dépend de la façon dont est mesurée cette dernière. Si l'on utilise la part de la masse salariale comme mesure, l'effet des TIC est un peu plus important que celui de l'impartition à l'étranger, tandis que si l'on utilise la part de l'emploi, l'effet des TIC est un peu plus faible.

Ces résultats corroborent ceux obtenus pour les États-Unis. Feenstra et Hanson (1999) constatent que l'impartition à l'étranger et la technologie informatique expliquent l'une et l'autre une part importante du déplacement vers une main-d'œuvre indirecte qualifiée dans le secteur manufacturier américain. Ils notent aussi que les contributions relatives de l'impartition à l'étranger et de la technologie de pointe sont très sensibles à la mesure exacte de la technologie : l'impartition totale à l'étranger donne lieu à une augmentation annuelle moyenne de 0,05 à 0,09 point de pourcentage de la part de la masse salariale de la main-d'œuvre indirecte, tandis que l'informatique et d'autres technologies de pointe produisent un accroissement de 0,03 à 0,15 point de pourcentage, selon la mesure de la technologie. Nos résultats donnent à penser que la contribution relative dépend non seulement de la mesure exacte de la technologie, comme dans le cas des États-Unis, mais aussi de la façon dont est mesurée la demande de compétences.

8. Pour déterminer si nos résultats sont sensibles au problème éventuel d'endogénéité des variables indépendantes, nous exécutons la régression (3) en utilisant les valeurs retardées de toutes les variables indépendantes. Les résultats sont qualitativement semblables à ceux présentés au tableau 3.

Tableau 3. Résultats de régression fondés sur 84 branches d'activité manufacturières canadiennes de 1981 à 1996 : modèle à effets fixes de branche d'activité

	Régression : variable dépendante							
	Colonne (1) Part de la masse salariale de la main-d'œuvre indirecte		*Colonne (2)* Part de la masse salariale de la main-d'œuvre indirecte		*Colonne (3)* Part de l'emploi de la main-d'œuvre indirecte		*Colonne (4)* Part de l'emploi de la main-d'œuvre indirecte	
	avec tendance temporelle	avec variables muettes d'année	avec tendance temporelle	avec variables muettes d'année	avec tendance temporelle	avec variables muettes d'année	avec tendance temporelle	avec variables muettes d'année
Logarithme de l'intrant matières premières importées (lnM_f)	0,026	0,025	0,027	0,026	0,022	0,022	0,021	0,021
	(4,16) *	(3,82) *	(4,35) *	(4,00) *	(4,03) *	(3,86) *	(3,93) *	(3,77) *
Logarithme du stock de capital TIC (lnK_{ICT})	0,011	0,011	0,009	0,009	0,004	0,003	0,005	0,004
	(5,04) *	(5,05) *	(4,07) *	(3,88) *	(1,99) *	(1,35)	(2,70) *	(2,19) *
Logarithme de la production brute réelle (lnY)	-0,027	-0,023	-0,029	-0,025	-0,03	-0,026	-0,028	-0,025
	(-3,41) *	(-2,88) *	(-3,66) *	(-3,15) *	(-4,16) *	(-3,70) *	(-4,00) *	(-3,52) *
Logarithme de l'intrant intermédiaire énergie (lnE)	0,006	0,004	0,006	0,005	0,007	0,005	0,006	0,005
	(1,19)	(0,9)	(1,33)	(1,02)	(1,57)	(1,27)	(1,48)	(1,19)
Logarithme de l'intrant services (lnS)	-0,026	-0,012	-0,028	-0,013	-0,026	-0,012	-0,024	-0,011
	(-4,74) *	(-1,86)	(-5,13) *	(-2,13) *	(-5,22) *	(-2,22) *	(-4,96) *	(-2,02) *
Logarithme de l'intrant matières premières intérieures (lnM_d)	0,003	-0,007	0,004	-0,006	0,006	-0,005	0,005	-0,005
	(0,58)	(-1,21)	(0,79)	(-1,16)	(1,38)	(-0,98)	(1,22)	(-1,04)
Logarithme du stock de capital non-TIC (lnK_{NICT})	-0,002	-0,007	0,001	-0,003	0,008	0,007	0,006	0,004
	(-0,55)	(-1,65)	(0,27)	(-0,64)	(2,27) *	(1,82)	(1,61)	(1,01)
Année	-0,002		-0,003		-0,003		-0,002	
	(-5,99) *		(-6,36) *		(-7,05) *		(-6,83) *	
Retard (logarithme des salaires relatifs) $ln(W_f/W_n)$			0,06	0,059			-0,042	-0,042
			(4,91) *	(4,79) *			(-3,89) *	(-3,82) *
Constante	5,356	0,482	5,587	0,46	5,436	0,374	5,274	0,39
	(6,65) *	(7,00) *	(6,99) *	(6,73) *	(7,64) *	(6,18) *	(7,44) *	(6,46) *
Nombre d'observations	1259	1259	1259	1259	1259	1259	1259	1259
R-carré	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
R-carré – Variation intragroupe	0,03	0,06	0,08	0,1	0,14	0,16	0,14	0,16

Note : Statistique t entre parenthèses; * significatif au seuil de signification de 5 % ou mieux. Toutes les régressions sont calculées par les MCO pondérés, où le poids est la part de l'emploi dans le secteur manufacturier imputable à la branche d'activité. Toutes les spécifications contiennent des variables muettes de branche d'activité. Les observations pour 1981 sont supprimées à cause de l'utilisation des variables retardées de salaire relatif.

Source : Données provenant de la KLEMS, de l'EAM et des tableaux d'entrées-sorties, Statistique Canada.

Tableau 4. Contribution annuelle moyenne à la demande relative de main-d'œuvre indirecte par rapport à la main-d'œuvre de production

En pourcentage	Régression : variable dépendante							
	Colonne (1) Part de la masse salariale de la main-d'œuvre indirecte		*Colonne (2)* Part de la masse salariale de la main-d'œuvre indirecte		*Colonne (3)* Part de l'emploi de la main-d'œuvre indirecte		*Colonne (4)* Part de l'emploi de la main-d'œuvre indirecte	
	avec tendance temporelle	avec variables muettes d'année	avec tendance temporelle	avec variables muettes d'année	avec tendance temporelle	avec variables muettes d'année	avec tendance temporelle	avec variables muettes d'année
Logarithme de l'intrant matières premières importées (lnM_f)	0,121	0,116	0,126	0,121	0,102	0,102	0,098	0,098
Logarithme du stock de capital TIC (lnK_{ICT})	0,166	0,166	0,136	0,136	0,060	0,045	0,076	0,060
Logarithme de la production brute réelle (lnY)	-0,040	-0,034	-0,043	-0,037	-0,044	-0,038	-0,041	-0,037
Logarithme de l'intrant intermédiaire énergie (lnE)	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002
Logarithme de l'intrant services (lnS)	-0,045	-0,021	-0,049	-0,023	-0,045	-0,021	-0,042	-0,019
Logarithme de l'intrant matières premières intérieures (lnM_d)	-0,001	0,003	-0,002	0,002	-0,002	0,002	-0,002	0,002
Logarithme du stock de capital non-TIC (lnK_{NICT})	-0,001	-0,002	0,000	-0,001	0,003	0,002	0,002	0,001

Note : La contribution est égale au produit des coefficients estimés présenté au tableau 3 et des variations annuelles moyennes en pourcentage présentées au tableau 1.

Source : Données provenant de la KLEMS, de l'EAM et des tableaux d'entrées-sorties, Statistique Canada.

Malgré la sensibilité des comparaisons de la contribution relative, on pourrait conclure que l'impartition à l'étranger et les TIC sont deux déterminants importants de la demande relative de travailleurs qualifiés, que l'on mesure la demande de compétences d'après la part de la masse salariale ou d'après celle de l'emploi attribuable à la main-d'œuvre indirecte.

5. Conclusion

Très peu d'études ont été réalisées au Canada en vue d'évaluer l'effet des technologies de l'information et des communications (TIC) et de l'impartition à l'étranger sur la demande de compétences. L'analyse de données sur 84 branches d'activité manufacturières canadiennes couvrant la période de 1981 à 1996 nous porte à conclure que les TIC ainsi que l'impartition à l'étranger ont un effet important sur la demande de travailleurs très qualifiés dans le secteur manufacturier dans son ensemble.

L'importance relative de ces deux facteurs est cependant sensible à la mesure exacte de la demande de main-d'œuvre. Si nous mesurons la demande de compétences en nous fondant sur la part de la masse salariale de la main-d'œuvre indirecte, l'effet estimé des TIC sur la demande de compétences est un peu plus important que celui de l'impartition à l'étranger, le taux annuel d'augmentation de la part de la masse salariale étant de 0,14 à 0,17 point de pourcentage dans le premier cas et de 0,12 point de pourcentage dans le second. Par contre, l'utilisation de la part de l'emploi de la main-d'œuvre indirecte pour évaluer la demande de compétences produit un effet plus faible des TIC et un effet plus important de l'impartition à l'étranger. Dans ce cas, les TIC donne lieu à une augmentation de la part de l'emploi imputable à la main-d'œuvre indirecte de 0,05 à 0,08 point de pourcentage par année, tandis que l'impartition à l'étranger produit une augmentation annuelle de 0,10 point de pourcentage.

Malgré la sensibilité de la comparaison des contributions relatives, nos résultats indiquent que l'impartition à l'étranger et les technologies de l'information et des communications sont des facteurs qui jouent tous deux un rôle important dans l'accroissement de la demande de compétences, que celle-ci soit évaluée en se fondant sur la part de la masse salariale ou sur la part de l'emploi de la main-d'œuvre indirecte.

Bibliographie

Baldwin, J.R. et M. Rafiquzzaman. 1999. « Trade, technology, and wage differentials in the Canadian manufacturing sector ». Dans *Innovation, Industry Evolution, and Employment*, David B. Audretsch et A. Roy Thurik (rév.). Cambridge : Cambridge University Press. 57–85.

Berman, E., J. Bound et Z. Griliches. 1994. « Changes in the demand for skilled labour within U.S. manufacturing industries: evidence from the Annual Survey of Manufactures ». The *Quarterly Journal of Economics*. 109, 2 : 367–397.

Berman, E., J. Bound et S. Machin. 1998. « Implications of skill-biased technological change: international evidence ». *The Quarterly Journal of Economics*. 113, 4 : 1245–1279.

Bound, J. et G. Johnson. 1992. « Changes in the structure of wages during the 1980s: an evaluation of alternative explanation ». *American Economic Review*. 82, 3 : 371–392.

Christensen, L.R., D.W. Jorgenson et L.J. Lau. 1973. « Transcendental logarithmic production frontiers ». *Review of Economics and Statistics*. 55, 1 : 28–45.

Feenstra, R.C. et G.H. Hanson. 1996. « Globalization, outsourcing, and wage inequality ». *American Economic Review*. 86, 2 : 240–245.

Feenstra, R.C. et G.H. Hanson. 1999. « The impact of outsourcing and high-technology capital on wages: estimates for the United States, 1979-1990 ». *The Quarterly Journal of Economics*. 114, 3 : 907–940.

Gera, S., W. Gu et Z. Lin. 2001. « Technology and the demand for skills in Canada: an industry-level analysis ». *The Canadian Journal of Economics*. 34, 1 : 132–148.

Im, K.S., H.M. Pesaran et Y. Shin. 2003. « Testing for unit roots in heterogeneous panels ». *Journal of Econometrics*. 115, 1 : 53–74.

Katz, L.F. et K.M. Murphy. 1992. « Changes in relative wages, 1963-1987: Supply and demand factors ». *The Quarterly Journal of Economics*. 107, 1 : 35–78.

Katz, L.F. et D.H. Autor. 1999. « Changes in the wage structure and earnings inequality ». Dans *Handbook of Labour Economics*, Volume 3. O. Ashenfelter et D. Card (rév.). Amsterdam : Hollande du nord.

Leamer, E.E. 1994. « Trade, wages, and revolving door ideas ». NBER Document de travail no. 4716.

Statistique Canada. 1990. *Industries manufacturières du Canada, niveaux national et provincial.* N° 31-203-XPB au catalogue. Ottawa : Approvisionnements et services Canada.

ANALYSE ÉCONOMIQUE
DOCUMENTS DE RECHERCHE

No.001 *Une comparaison de la croissance économique au Canada et aux États-Unis à l'âge de l'information 1981-2000 : L'importance de l'investissement dans les technologies de l'information et des communications,* ***Philip Armstrong, Tarek M. Harchaoui, Chris Jackson et Faouzi Tarkhani (1 mars 2002)***

No.002 *Parité de pouvoir d'achat : Le cas du Canada et des États-Unis,* ***Beiling Yan (mai 2002)***

No.003 *L'importance accrue des producteurs plus petits dans le secteur de la fabrication : Comparison Canada/Etats-Unis,* ***John Baldwin, Ron S. Jarmin et Jianmin Tang (mai 2002)***

No.004 *Statistiques sur le commerce des sociétés affiliées à l'étranger – 1999 : La livraison des biens et des services sur les marchés internationaux,* ***Colleen Cardillo (avril 2002)***

No.005 *Volatilité de l'emploi au niveau régional dans le secteur canadien de la fabrication : Les effets de la spécialisation et du commerce,* ***John Baldwin, W.Mark Brown (11 avril 2003)***

No.006 *Antécédents de croissance, degré de concentration des connaissances et structure financière des petites entreprises,* ***Guy Gellatly, S.Thornhill, A.Riding (06 août 2003)***

No.007 *Prise en compte des émissions de gaz à effet de serre dans le cadre conventionnel d'estimation de la productivité,* ***Tarek M. Harchaoui, Dmitry Kabrelyan, Rob Smith (le 1 novembre 2002)***

No.008 *Vaincre les distances, vaincre les frontières : comparaison des échanges régionaux en Amérique du Nord,* ***W.Mark Brown (16 avril 2003)***

No.009 *L'impact des émissions de gaz à effet de serre sur la croissance de la productivité au Canada, 1981-1996 : une approche expérimentale,* ***Tarek M. Harchaoui et Pierre Lasserre (le 1 novembre 2002)***

No.010 *Une approche frontière de la productivité multifactorielle au Canada et aux Etats-Unis,* ***Kais Dachraoui, Tarek M. Harchaoui (le 3 avril 2003)***

No.011 *Participation aux marchés d'exportation et productivité du secteur canadien de la fabrication,* ***John R.Baldwin, Wulong Gu (le 13 août)***

No.012 *Effet de l'utilisation des technologies de pointe sur le rendement des entreprises du secteur canadien de la transformation des aliments,* ***John R.Baldwin, David Sabourin et David Smith (le 3 juin 2003)***

No.013 *Statistiques sur le commerce des sociétés affiliées à l'étranger – Opération canadiennes à l'étranger 1999 à 2001,* ***Division de la balance des paiements, par Michael Marth (mai 2003)***

No.014 *Effect de la réduction des tarifs sur la taille et sur le roulement des entreprises dans le secteur canadien de la fabrication,* ***Wulong Gu, G.Sawchuk, L.Whewell (le 19 août)***

No.015 *Les sources de la croissance des émissions de CO2 du secteur canadien des entreprises, 1990 à 1996,* ***par Kaïs Dachraoui, Gerry Gravel, Tarek M. Harchaoui et Joe St. Lawrence (septembre 2003)***

No.016 *Répercussions du travail autonome sur la croissance de la productivité du travail: Comparison Canada-États-Unis,* ***John R. Baldwin, James Chowhan (le 21 août 2003)***

No.017 *Le capital public et sa contribution à la productivité du secteur des entreprises du Canada,* ***Tarek M. Harchaoui et Faouzi Tarkhani (le 12 novembre 2003)***

No.018 *Prospérité et productivité : Une comparaison Canada-Australie,* ***Tarek M. Harchaoui, Jimmy Jean et Faouzi Tarkhani (le 09 décembre 2003)***

No.019 *Exode, rationalisation ou concentration? Analyse des sièges sociaux au Canada, 1999 à 2002,* ***John Baldwin, Desmond Beckstead et Mark Brown (le 08 décembre 2003)***

No.020 *Effet de l'évolution de l'utilisation des technologies sur le rendement des établissements dans le secteur de la fabrication au Canada,* ***John Baldwin et David Sabourin (27 juillet 2004)***

No.021 *Concurrence industrielle, évolution des parts de marché et croissance de la productivité,* ***John Baldwin et Wulong Gu (22 juillet 2004)***

No.022 *Innovation, survie et rendement des établissements canadiens de fabrication,* ***John Baldwin et Wulong Gu (Septembre 2004)***

No.023 *Renouvellement de l'économie manufacturière au Canada : Une comparaison régionale, 1973 à 1996,* ***W.Mark Brown (21 octobre 2004)***

No.024 *Rattrapage et perte de terrain : la performance provinciale du PIB par habitant entre 1990 et 2003,* ***John R. Baldwin, Mark Brown, Jean-Pierre Maynard, Danielle Zietsma (9 novembre 2004)***

No.025 *Qu'est-il advenu de la croissance économique et de la productivité au Canada et aux États-Unis à l'ère de l'information?* ***Tarek M. Harchaoui et Faouzi Tarkhani (23 novembre 2004)***

No.026 *Utilisation de l'eau, prix fictifs et productivité du secteur canadien des entreprises,* ***Kaïs Dachraoui et Tarek M. Harchaoui (1 décembre 2004)***

No.027 *Libéralisation des échanges : participation aux marchés d'exportation, croissance de la productivité et innovation,* ***John Baldwin et Wulong Gu (14 décembre 2004)***

No.028 *Comparaison des niveaux de productivité au Canada et aux États-Unis : étude de certains aspects de la mesure,* ***John R. Baldwin, Jean-Pierre Maynard, Marc Tanguay, Fanny Wong et Beiling Yan (20 janvier 2005)***

No.029 *Intégration et cointégration : les prix dans les secteurs canadien et américain de la fabrication obéissent-ils à la « loi du prix unique »?* ***André Bernard, Paul Warren et Beiling Yan (15 février 2005)***

No.030 *Rentabilité des entreprises sous contrôle canadien par rapport aux entreprises sous contrôle américain,* ***Paul Warren (3 mars 2005)***

No.031 *Réactions à la libéralisation des échanges : changements observés au niveau de la diversification des produits dans les usines sous contrôle étranger et canadien,* ***John R. Baldwin, Richard Caves et Wulong Gu (24 mars 2005)***

No.032 *Investissements du Canada en science et innovation : Le concept actuel de la recherche et développement est-il suffisant?* ***John R. Baldwin, Desmond Beckstead et Guy Gellatly (12 avril 2005)***

No.033 *Les disparitions du monde industriel : Fermetures d'usines et retrait de capitaux,* ***John R. Baldwin (4 mai 2005)***

No.034 *Multinationales étrangères et effectif des sièges sociaux des enterprises canadiennes de fabrication,* ***John R. Baldwin et W.Mark Brown (8 juin 2005)***

No.035 *Demande de compétences au Canada : le rôle de l'impartition à l'étranger et de la technologie de l'informaton et des communications,* ***Beiling Yan (28 octobre 2005)***